

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y
METALÚRGICA**



**“RATIOS PB/ZN Y SU ZONACIÓN RESPECTO A
FALLAS ALIMENTADORAS EN EL DEPÓSITO TIPO
MISSISSIPI VALLEY DE CAÑÓN FLORIDA”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:
GUSTAVO EDUARDO MACASSI GARCÍA**

**ASESOR:
MSc. Ing. ALFONSO EDMUNDO HUAMÁN GUERRERO**

**Lima – Perú
2013**

RESUMEN

Los depósitos tipo Mississippi Valley son depósitos estratiformes formados a partir de fluidos ricos en plomo y zinc que depositan sulfuros en secuencias carbonatadas favorables para su depositación. En el depósito de Cañón Florida se han identificado fallas cuyo carácter de conducto alimentador, se desea conocer para poder seguirlas en su extensión lateral y vertical en busca de nuevos recursos minerales.

Los fluidos ricos en zinc y plomo muestran una gradación en cuanto a los minerales que forman según las solubilidades relativas de dichos elementos, con un mayor contenido de plomo cerca a los conductos que transportaron los fluidos mineralizantes, y que decrece al alejarse de estos. Otros elementos como Ag y Cu, también muestran solubilidades relativas con respecto al plomo y zinc, por lo que son empleados de manera auxiliar.

El objetivo de conocer el comportamiento de las fallas y su capacidad de aporte, radica en que estas estructuras, son una importante guía de exploración para seguirlas a nivel de depósito a fin de identificar nuevas zonas mineralizadas en pro del incremento de reservas del proyecto Cañón Florida.

Los resultados obtenidos y analizados en el presente informe, nos muestran una tendencia general de los valores de ratios Pb/Zn, Ag/Pb y Cu/Zn, a decrecer a medida que se alejan de las fallas definidas como alimentadoras de fluidos ricos en iones metálicos y que dieron origen a la mineralización del tipo Mississippi Valley en Cañón Florida, demostrando el carácter epigenético del depósito. Se ha identificado, además, comportamientos con tendencias contrarias a lo estipulado en el marco teórico, lo que ha llevado a inferir la posibilidad de ocurrencia de fallas alimentadoras de fluidos mineralizantes probablemente de origen más complejo.

ABSTRACT

Mississippi Valley - type deposits are stratiform deposits formed from fluids rich in lead and zinc which precipitate sulfides favorable carbonate sequences for deposition. In the Florida Canyon deposit there have been identified faults whose character as feeder canal is wanted to know looking to follow their lateral and vertical extent for new mineral resources.

Zinc and lead - rich fluids show a gradation in terms of forming minerals depending on the relative solubilities of these elements with a higher lead content close to the faults that transported mineralizing fluids, and which decreases with distance from these. Other elements such as Ag and Cu, also show relative solubilities for lead and zinc, so they are used in an ancillary manner

The purpose of understanding the behavior of faults and their ability to transport mineralizing fluids is that these structures are an important exploration guide to follow and identify new mineralized zones in favor of increased Florida Canyon project reserves.

The results obtained and analyzed in this report, show a general trend of the values of ratios Pb/Zn, Ag/Pb and Cu/Zn, to decrease as they move away from the feeder faults defined as metal ion-rich fluids and that gave rise to the Mississippi Valley -type mineralization in Florida Canyon, demonstrating the epigenetic nature of the deposit. It's also been identified behaviors against the theoretical framework, which has infer the possibility of occurrence of more complex feeder faults.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	12
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	14
1.1 Ubicación y acceso del proyecto Cañón Florida	14
1.2 Historia y desarrollo del proyecto Cañón Florida	16
1.3 Metodología de trabajo	17
1.4 Contexto Geomorfológico	18
CAPÍTULO II: GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO CAÑÓN FLORIDA	19
2.1 Evolución geológica regional	20
2.2 Estratigrafía	24
2.2.1 Grupo Mitu (Pérmico Superior – Triásico Inferior)	24
2.2.2 Grupo Pucará (Triásico Superior – Jurásico Inferior)	24
2.2.2.1 Formación Chambará (Triásico Superior)	25
2.2.2.2 Formación Aramachay (Jurásico inferior)	26
2.2.2.3 Formación Condorsinga (Jurásico inferior)	26
2.2.3 Formación Corontachaca (Jurásico Medio a Superior)	27
2.2.4 Formación Sarayaquillo (Jurásico Superior).....	27
2.2.5 Formación Goyllarisquizga (Cretácico Inferior).....	28
2.2.6 Formación Chonta (Cretácico Inferior).....	28
2.3 Subdivisión de la Formación Chambará en el Proyecto Cañón Florida	28
2.3.1 Miembro Chambará 3	32
2.3.2 Miembro Chambará 2	33

2.3.3 Miembro Chambará 1	35
2.4 Marcadores Bioestratigráficos	36
2.4.1 Marcador Esponja - Coral Superior (USM)	36
2.4.2 Marcador Bivalvo Intacto (IBM).....	36
2.4.3 Marcador Coquina (COQ).....	37
2.4 Geología estructural	38
CAPÍTULO III: MINERALIZACIÓN Y FACTORES ASOCIADOS	39
3.1 Dolomitización	40
3.2 Texturas y estructuras favorables para la mineralización	41
3.2.1 Brechas y Pseudobrechas	41
3.2.2 Porosidad primaria y secundaria	46
3.2.2 Procesos Kársticos	47
3.3 Mineralización	48
3.4 Paragénesis	52
CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO	55
CAPÍTULO V: CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA DEL TIPO DE MENA, ELABORACIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS Y RATIOS DE MINERALIZACIÓN VS. FALLAS MINERALIZADAS	58
5.1 Caracterización del tipo de mena según su contenido de sulfuros y óxidos ..	58
5.2 Elaboración de secciones geológicas.....	59
5.3 Elaboración de gráficos de ratios vs distancia de muestras a fallas y/o profundidad	65

CAPÍTULO VI: RESULTADOS	66
6.1 Sector Karen Milagros	66
6.1.1 Sección KM_NW_7	66
6.1.2 Sección KM_NW_9	70
6.1.3 Sección KM_NW_13	73
6.2 Sector San Jorge	75
CAPÍTULO VII: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	89
7.1 Sector Karen Milagros	89
7.1.1 Sección KM_NW_7	89
7.1.2 Sección KM_NW_9	90
7.1.3 Sección KM_NW_13	92
7.2 Sector San Jorge	93
CAPÍTULO VIII: MODELO ESQUEMÁTICO DEL DEPÓSITO	95
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFIA	99

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de ubicación del Proyecto Cañón Florida.	15
Figura 2.1: Columna estratigráfica regional.	21
Figura 2.2: Mapa geológico regional del Proyecto Cañón Florida	22
Figura 2.3: Columna estratigráfica local.	30
Figura 2.4: Mapa geológico del Proyecto Cañón Florida.	31
Figura 2.5: Caliza mudstone laminar planar de color gris oscuro y grano fino.	32
Figura 2.6: Caliza mudstone bituminosa de color gris muy oscuro y grano fino; mostrando venillas de calcita.	32
Figura 2.7: Caliza floatstone crinoidal de color gris oscuro y grano fino, con presencia de esporádicos crinoides en matriz bituminosa.	33
Figura 2.8: Caliza packstone crinoidal pelletal de color gris claro y grano medio con abundantes crinoides y pellets de grano soportados.	34
Figura 2.9: Dolomita packstone pelletal de color gris claro y grano medio a grueso.	34
Figura 2.10: Dolomita packstone pseudobrecha de color gris blanquecino y grano grueso, con fuerte pseudobrechamiento.	34
Figura 2.11: Caliza mudstone color gris claro presentando venillas de esfalerita....	35
Figura 2.12: Dolomita mudstone con laminación algal, color gris claro y granulometría fina.	35
Figura 2.13: Caliza rudstone marcador bivalvo intacto (IBM) caracterizado por presentar abundantes valvas intactas de diámetro de 1 a 2 cm.	37

Figura 2.14: Caliza rudstone marcador coquina (COQ) caracterizado por presentar conchas imbricadas.	37
Figura 3.1: Brecha Craquelada con material bituminoso relleno de fracturas.....	41
Figura 3.2: Brecha Mosaico, clasto soportado, fragmentos de caliza mudstone con geometría subangulosa y matriz dolomítica.	42
Figura 3.3: Brecha de colapso homolítica con fragmentos de caliza mudstone gris clara, de geometría subredondeada y matriz de roca molida.	42
Figura 3.4: Brecha de colapso heterolítica con fragmentos de caliza packstone gris clara y gris oscura, de geometría subredondeada y matriz de roca molida.	43
Figura 3.5: Brecha evaporítica con ocurrencias de pseudomorfos de dolomita reemplazando a cristales de yeso y matriz bituminosa.	44
Figura 3.6: Dolomita packstone pseudobrecha de color gris blanquecino y grano grueso.	45
Figura 3.7: Dolomita packstone pseudobrecha de color gris blanquecino y grano grueso, con textura tipo cebra.	45
Figura 3.8: Dolomita Packstone mostrando porosidad secundaria por presencia de cavidades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes, hay desarrollo de cristales de dolomita en las oquedades.	46
Figura 3.9: Muestras con cavidades kársticas, como producto de disolución de la caliza por aguas meteóricas descendentes conteniendo CO_2 y H_2CO_3	48
Figura 3.10: Esfalerita y galena masiva reemplazando a dolomita packstone pseudobrecha.	50
Figura 3.11: Esfalerita y galena relleno de espacios en brecha de colapso homolítica.	50

Figura 3.12: Secuencia paragenética generalizada para el depósito de Cañón Florida	54
Figura 4.1: Solubilidad relativa de Pb y Zn en depósitos tipo MVT	56
Figura 4.2: Sección esquemática de un depósito estratoligado de Pb y Zn donde se observa la distribución de la mineralización según las variaciones de los contenidos de Pb y Zn	57
Figura 4.3: Sección esquemática del depósito estratoligado de Pb y Zn de Hilton..	57
Figura 5.1: Mapa geológico del Proyecto Cañón Florida mostrando las secciones analizadas.	60
Figura 5.2: Sección KM_NW_7.	61
Figura 5.3: Sección KM_NW_9.	62
Figura 5.4: Sección KM_NW_13.	63
Figura 5.5: Sección SJ_NW_5.	64
Figura 6.1: Sección Interpretativa KM_NW_7.	67
Figura 6.2: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_7.	68
Figura 6.3: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla 1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_7.	68
Figura 6.4: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_7.	69
Figura 6.5: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla 1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_7.	69
Figura 6.6: Sección Interpretativa KM_NW_9.	70

Figura 6.7: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_9.	71
Figura 6.8: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_9.	71
Figura 6.9: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_9.	72
Figura 6.10: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_9.	72
Figura 6.11: Sección Interpretativa KM_NW_13.	73
Figura 6.12: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM2 para el Manto 1 en la sección KM_NW_13.	74
Figura 6.13: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM2 para el Manto 1 en la sección KM_NW_13.	74
Figura 6.14: Sección Interpretativa SJ_NW_5.	76
Figura 6.15: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 1 en la sección SJ_NW_5.	77
Figura 6.16: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 1 en la sección SJ_NW_5.	77
Figura 6.17: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 1 en la sección SJ_NW_5.	78
Figura 6.18: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 2 en la sección SJ_NW_5.	79

Figura 6.19: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 2 en la sección SJ_NW_5.	79
Figura 6.20: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 2 en la sección SJ_NW_5.	80
Figura 6.21: Ratio Pb/Zn versus cota para la Falla SJ1 en la sección SJ_NW_5. ..	81
Figura 6.22: Ratio Ag/Pb versus cota para la Falla SJ1 en la sección SJ_NW_5. ..	81
Figura 6.23: Ratio Cu/Zn versus cota para la Falla SJ1 en la sección SJ_NW_5. ..	82
Figura 6.24: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 3 en la sección SJ_NW_5.	83
Figura 6.25: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 3 en la sección SJ_NW_5.	83
Figura 6.26: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 3 en la sección SJ_NW_5.	84
Figura 6.27: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 4 en la sección SJ_NW_5.	85
Figura 6.28: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 4 en la sección SJ_NW_5.	85
Figura 6.29: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 4 en la sección SJ_NW_5.	86
Figura 6.30: Ratio Pb/Zn versus cota para la Falla SJ2 en la sección SJ_NW_5. ..	87
Figura 6.31: Ratio Ag/Pb versus cota para la Falla SJ2 en la sección SJ_NW_5. ..	87

Figura 6.32: Ratio Cu/Zn versus cota para la Falla SJ2 en la sección SJ_NW_5. .	88
Figura 7.1: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_7.	90
Figura 7.2: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_9.	91
Figura 7.3: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_9.	91
Figura 7.4: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM2 para el Manto 1 en la sección KM_NW_13.	92
Figura 8.1: Modelo esquemático de la mineralización en el Proyecto Cañón Florida	96

TABLAS

Tabla 1.1: Rutas de acceso al Proyecto Cañón Florida.	14
Tabla 2.2: Ampliación de la clasificación de Dunham (1962) propuesta por Embrie y Klovan (1971).	29
Tabla 5.1: Tipo de mena según porcentaje relativo de Sulfuros	58

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo obtener el título profesional de ingeniero geólogo mediante la modalidad de informe de suficiencia profesional.

En cuanto al trabajo el objetivo es analizar y evaluar el comportamiento de los ratios Pb/Zn (y algunos otros elementos) en un depósito estratoligado de tipo Mississippi Valley, para determinar si es que las fallas identificadoras, fueron o no las responsables de la alimentación de los fluidos mineralizantes y por tanto de la mineralización del yacimiento.

Se busca, como aporte, presentar una metodología que puede ser empleada en distintos depósitos para mejorar la comprensión del comportamiento geoquímico de los elementos respecto a las principales estructuras alimentadoras y la posible extrapolación de estos resultados a otros análisis para ayudar a la interpretación geológica y evaluación de recursos.

El presente estudio es el resultado de un trabajo secuencial y conjunto, consistente en campañas iniciales de logueo y relogueo geológico de testigos de perforación para la clasificación de los tipos de mena según su porcentaje relativo de sulfuros y óxidos, continuando con la interpretación geológica para la elaboración e interpretación de secciones geológicas y el cálculo de los valores de los ratios Zn/Pb.

La información empleada para el estudio ha sido proporcionada por la compañía Votorantim Metais – Cajamarquilla S.A, la cual ve en este estudio una oportunidad de mejorar su entendimiento de su proyecto Cañón Florida así como de aportar al desarrollo de los profesionales que laboramos en esta empresa.

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1 Ubicación y acceso del proyecto Cañón Florida

El proyecto Cañón Florida se encuentra ubicado al norte del Perú, en el departamento de Amazonas, provincia de Bongará, distrito de Shipasbamba; a 700 kilómetros al norte de Lima y 250 kilómetros al este de Chiclayo (Fig. 1.1).

El acceso al proyecto se hace por las siguientes rutas (Tabla 1.1):

Tabla 1.1: Rutas de acceso al Proyecto Cañón Florida.

Tramo	Distancia	Tiempo
Lima – Chiclayo	700 Km	1 hora y 15 minutos (Vuelo comercial)
Chiclayo – Pedro Ruiz	300 Km	6 horas (Camioneta, vía asfaltada)
Pedro Ruiz – Shipasbamba	12 Km	20 minutos (Camioneta, vía afirmada)
Shipasbamba – Cañón Florida	10 Km	12 minutos (Vuelo en Helicóptero) ó 6 horas (camino de herradura)

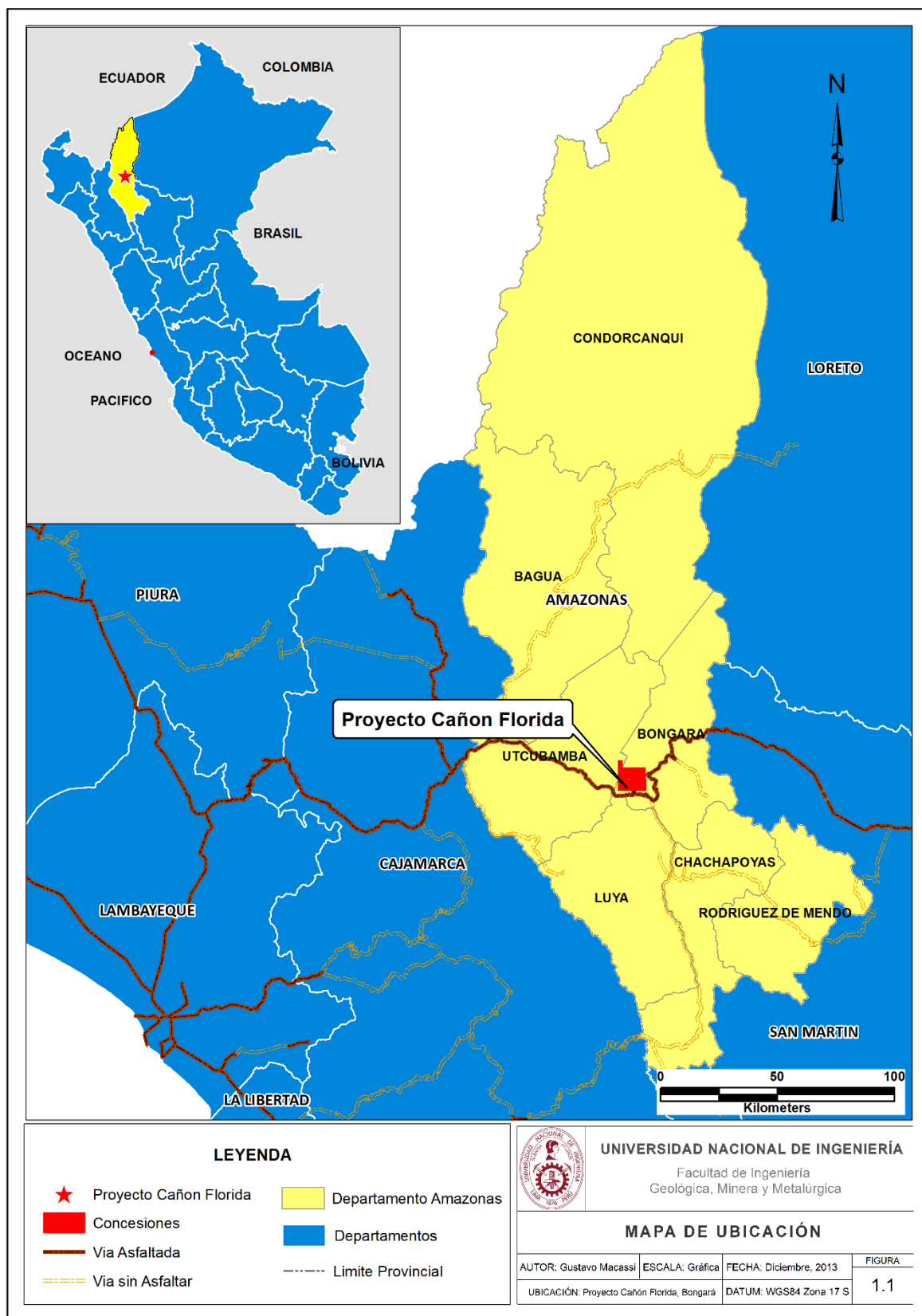


Figura 1.1: Mapa de ubicación del Proyecto Cañon Florida.

1.2 Historia y desarrollo del proyecto Cañón Florida

En 1993, Solitario Resources Corporation se involucra en la búsqueda de depósitos tipo *Mississippi Valley* y toma como opción dos propiedades: Mina Grande y Mina Chica, ubicadas 20 kilómetros al noreste de Cañón Florida. Solitario Resources explora las ocurrencias superficiales de óxidos y sulfuros de Zinc enmarcadas en rocas del Grupo Pucará. En 1996 realizan una campaña de prospección regional identificando anomalías geoquímicas importantes de Zn provenientes de Cañón Florida y reconociendo a la Formación Chambará del Grupo Pucará como roca huésped de la mineralización de Zn. A partir de la identificación éstas anomalías y con trabajos posteriores encontraron afloramientos de mantos de esfalerita y galena masivos a semimasivos que fueron denominados “*showings*”.

En 1996 Solitario Resources hace un *Joint Venture* con Cominco Perú S.R.L. y entre los años 1997 y 2000; Cominco realiza trabajos de perforación diamantina en Cañón Florida. A finales del 2000 Cominco y Pasminco realizan más trabajos de perforación diamantina, identificando las zonas prospectivas de Karen-Milagros y San Jorge.

Desde el año 2006 a la fecha Votorantim Metais Cajamarquilla S.A en *Joint Venture* con Solitario Exploration & Royalty Corp. viene realizando trabajos de exploración y ha obtenido a la fecha resultados favorables con el reconocimiento de importantes recursos minerales en dos sectores conocidos como Karen-Milagros y San Jorge, al NE y SW respectivamente, los cuales han sido interpretadas como correspondientes a un depósito de Zn-Pb del tipo Mississippi Valley sobre la base de información de mapeo superficial y logueo de testigos de perforación.

1.3 Metodología de Trabajo

Este estudio emplea información obtenida mediante trabajos sucesivos entre los años 1996 y 2013. La metodología de trabajo utilizada parte de la identificación de anomalías de Zn y Pb, así como del hallazgo de mantos de esfalerita y galena en afloramientos, siguiendo la siguiente secuencia:

- Mapeo geológico superficial a escalas 1:2500 y 1:1000 para registrar unidades litológicas, litologías favorables para la mineralización y estructuras mineralizadas.
- Mapeo geológico subterráneo en el túnel San Jorge a escala 1:500 para registrar unidades litológicas, litologías favorables para la mineralización, estructuras y mineralización.
- Logueo geológico de testigos de perforación diamantina registrando tipos y texturas de roca, marcadores bioestratigráficos, presencia e intensidad de dolomitización, fallas y zonas de fracturamiento, contenido y tipo de mineralización.
- Clasificación del tipo de mena mineral en óxido, mixto y sulfuro de acuerdo a su contenido relativo de sulfuros versus óxidos.
- Muestreo de testigos de perforación diamantina e inserción e muestras de control (QA/QC).
- Generación y validación con la información recopilada de base de datos con información de collares de sondajes, desviación de sondajes, declinación magnética para corregir la orientación de la perforación, logueos de sondajes diamantinos y resultados análisis de laboratorio de las muestras de testigos de perforación.

- Elaboración de secciones geológicas en líneas NW y NE a partir de la base de datos generada para los sectores de San Jorge y Karen Milagros.
- Interpretación geológica de las secciones NW y NE de ambos sectores.
- Digitalización de las secciones geológicas interpretadas y su integración con información adicional de superficie para la elaboración del modelo geológico del depósito.
- Cálculo del comportamiento de los ratios Pb/Zn, Ag/Pb y Cu/Zn respecto a las fallas identificadas empleando resultados de análisis de laboratorio y la información obtenida de la interpretación de las secciones geológicas.

1.4 Contexto Geomorfológico

El proyecto se ubica en un ambiente de selva tropical cubierta por densa vegetación tipo bosque o selva, entre los 2100 y 2800 metros sobre el nivel del mar con temperaturas que varían entre 12° y 37° C entre el día y la noche, en una zona de transición entre la Cordillera Oriental y la Faja Subandina también conocida como Selva Alta que corresponde a la unidad morfoestructural conocida como el Alto del Tigre que se ubica entre las depresiones de Bagua y Santiago. Su morfología muestra relieves muy abruptos y la conforman elevaciones entre 20 a 200 metros, separadas por valles encañonados que siguen la dirección andina y también transversales a ésta. Este tipo de relieve es característico de las secuencias litológicas calcáreas Triásico-Jurásico de la zona que además de presentar zonas escarpadas también generan cuevas o cavernas generadas por procesos kársticos, puentes naturales y ríos ciegos. La morfología de esta zona es controlada por pliegues y fallas de dirección andina y cuya separación entre uno y otro crece hacia el oriente.

CAPITULO II

GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO CAÑÓN FLORIDA

El área del depósito se ubica en el cuadrángulo de Jumbilla (12H). A escala regional el basamento está conformado por rocas del Complejo del Marañón de edad Pre-Cambriana y consisten de gneis, micaesquistos, filitas y cuarcitas que subyacen en discordancia angular al Grupo Mitu de edad Permo-Triásica. El Grupo Mitu es un depósito típico de molasa de origen continental que en el área del proyecto fue interceptado por sondajes diamantinos profundos. Suprayaciendo al Grupo Mitu aflora el Grupo Pucará de edad Triásico superior a Jurásico inferior, el cual hospeda la mineralización tipo Mississippi Valley del depósito Cañón Florida. El Grupo Pucará se subdivide en tres unidades: las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga, ordenadas de la base al techo.

La Formación Chambará corresponde a una sedimentación marina desarrollada en mares subtropicales a tropicales donde el aporte terrígeno fue restringido; así la Formación Chambará por sus características litológicas y texturales representa litofacies de la parte media de la plataforma carbonatada y en partes presenta facies propias de aguas someras, como es el caso de las calizas bioclásticas coquinoideas

o facies de evaporitas. Los niveles dolomitizados de esta formación son los que hospedan la mayor parte de la mineralización MVT de Cañón Florida.

La Formación Aramachay está conformada por secuencias de calizas bituminosas, alternados con limoarcillitas en capas delgadas, que corresponden a nivel de cuenca, donde predominó la sedimentación rítmica que dio lugar a una estratificación plana, tabular y regular.

La Formación Condorsinga conformado por una alternancia de calizas de grano fino y limoarcillitas corresponden a plataforma externa y facies de talud por las evidencias de estructuras de “slump” (Sánchez A. 1995) (Figuras 2.1 y 2.2).

2.1 Evolución geológica regional

Según Sánchez, A. (1995), las características geológicas encontradas en el cuadrángulo de Bagua (12G) al este del cuadrángulo de Jumbilla, revelan que las rocas más antiguas corresponderían al basamento metamórfico del Complejo del Marañón de edad Pre-Cambriana, conformados por esquistos y micaesquistos.

Durante el Permiano inferior se produjo un levantamiento con leve deformación relacionado a la Fase Tardihercínica, dando lugar a las acumulaciones de capas rojas continentales del Grupo Mitu conformados por areniscas, lodolitas y conglomerados polimícticos gruesos, que se depositaron durante el Pérmico superior al Triásico inferior.

En el Triásico superior se produjo la subsidencia del continente y una transgresión del mar dio lugar a la sedimentación marina a partir del Noriano; tiempo en el cual se inició la acumulación del Grupo Pucará constituido por litofacies carbonatados de plataforma y cuenca; cuyos restos paleontológicos indican que esta sedimentación perduró hasta el Jurásico inferior.

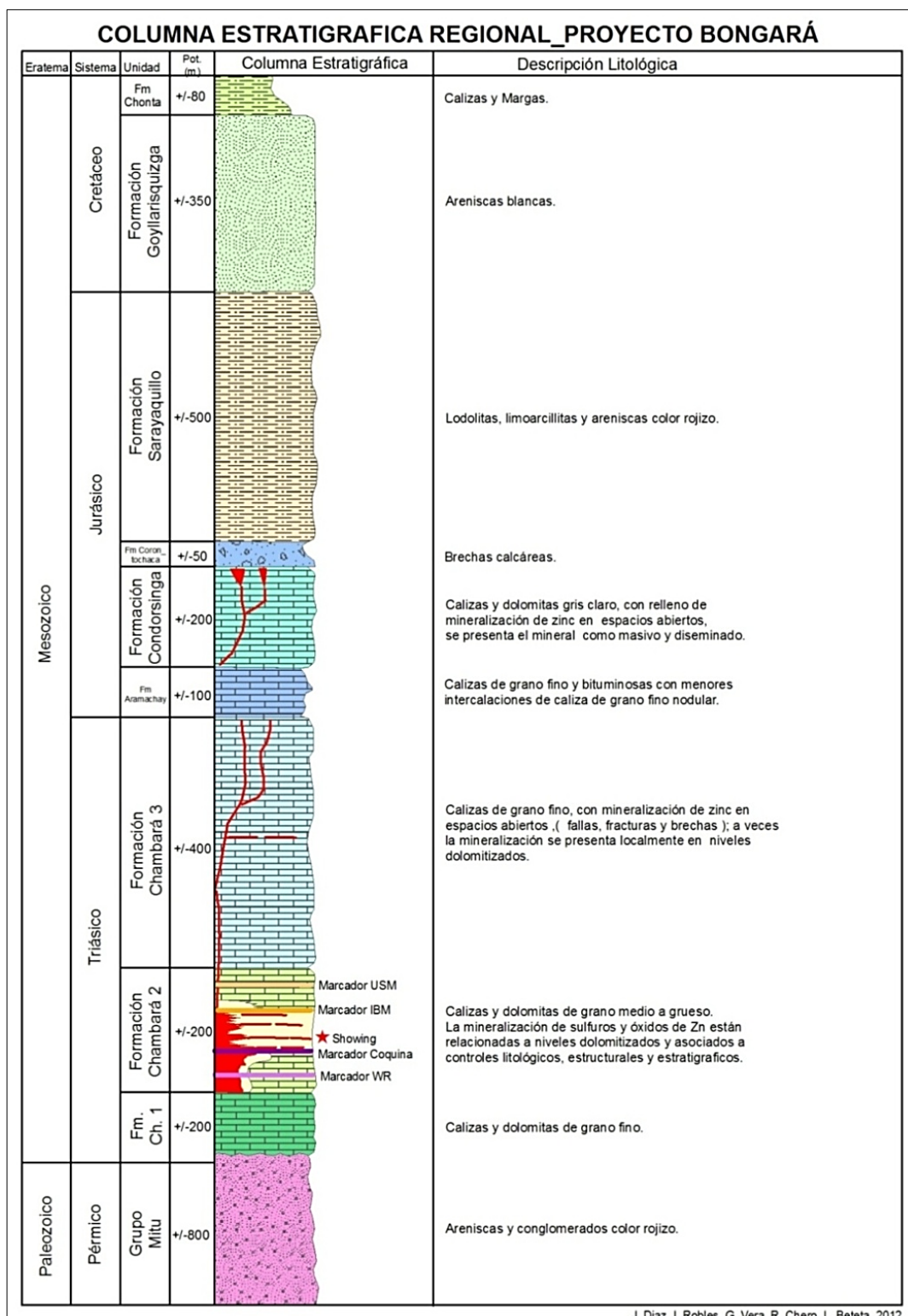


Figura 2.1: Columna estratigráfica regional. Muestra mineralización y marcadores bioestratigráficos (Diaz, J., Robles, I., Vera, G., Chero, R., y Beteta L., 2012).

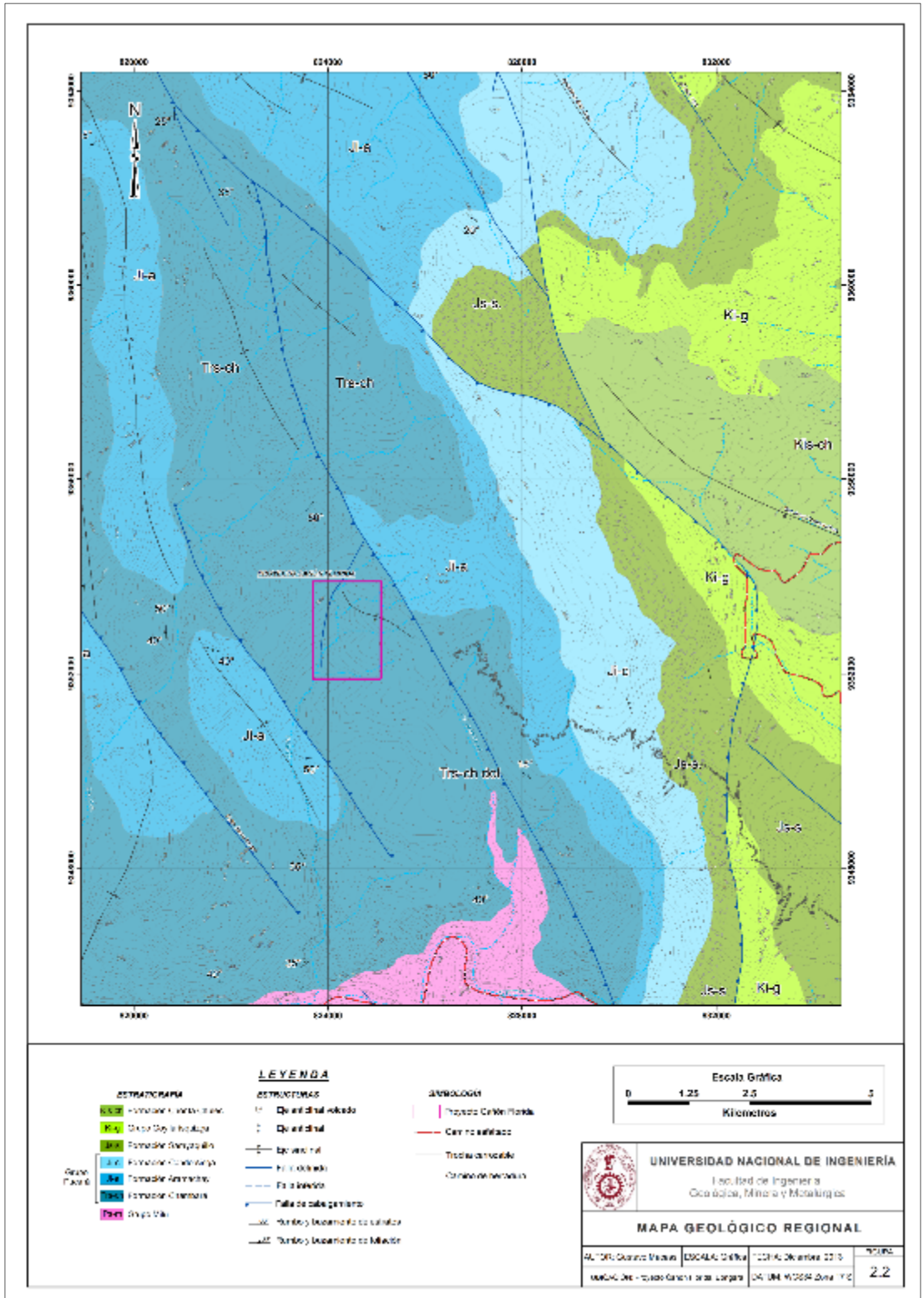


Figura 2.2: Mapa geológico regional del Proyecto Cañon Florida.

A partir del Jurásico medio se manifiesta la presencia de un arco volcánico hacia el Oeste de la cuenca mesozoica, que está representada mayormente por volcanitas y piroclástitas de la Formación Oyotún del lado occidental; asociado con esta fase distensiva se produjo el ascenso del bloque Marañón ocasionando el levantamiento y erosión del Grupo Pucará dando lugar a la acumulación de depósitos de pie de monte o escombros de talud; que constituyen las brechas sedimentarias de la Formación Corontachaca, mayormente a lo largo del flanco oriental del bloque del Marañón.

El levantamiento de la zona del bloque originó la acumulación de sedimentos continentales en la parte oriental, que se conocen como Formación Sarayaquillo. Estas molasas se acumularon simultáneamente con la parte superior de la Formación Oyotún (lado occidental).

Los escenarios paleo geográficos sobre los cuales se produjeron sedimentación cretácea; fueron controlados mayormente por movimientos oscilatorios verticales de franjas alargadas, paralelas al Cratón Brasileiro (Myers J. 1980); estas franjas correspondían a bloques hundidos y levantados que individualizaron las cuencas y altos estructurales; sobre los que se acumularon las secuencias sílico-clásticas de la Formación Goyllarisquizga del Cretácico Inferior.

Luego se depositaron concordantemente las calizas y clásticos de las unidades Inca, Chúlec y Pariatambo durante el Albiano, y las unidades Pullucana, Quilquiñán, Cajamarca y Celendín en el Cretácico Superior; con características similares a las cuencas de Bagua y Cajamarca.

Culminando la sedimentación marina del cretáceo superior se produjo el levantamiento de la Fase Peruana que originó una fuerte erosión y la acumulación

de capas rojas continentales de la Formación Chota; que es la unidad superior que se ha encontrado hacia el techo que se ha encontrado en la estratigrafía distrital en el ámbito circundante al proyecto Cañón Florida.

2.2 Estratigrafía

2.2.1 Grupo Mitu (Pérmico Superior – Triásico Inferior)

Regionalmente el Grupo Mitu aflora en los cuadrángulos de Bolívar, Leimebamba, Paccha, Chachapoyas y Bagua Grande; para los cuadrángulos de Chachapoyas, Leimebamba y Bolívar el límite oriental de afloramientos es el Río Shocol y la prolongación es en la dirección SE a NW; los afloramientos más accesibles se observan aguas abajo de la localidad de Corontachaca en el Río Utcubamba; a lo largo de 10 kilómetros se tienen areniscas rojas en estratos con grosores de 0.30 a 1 metros, los cuales son resistentes a la erosión y que condicionan la forma encañonada del valle de Utcubamba (Sánchez, 1995).

Se encuentra constituido por conglomerados polimícticos, subangulosos e intercalados con niveles de areniscas de grano fino a grueso de color rojizo. El Grupo Mitu es un depósito típico de molasa de origen continental, ocurren en estratos medianos a gruesos y se diferencian por su color rojizo a rosado; en el área del proyecto se intersectaron con sondajes profundos (Robles, 2012).

2.2.2 Grupo Pucará (Triásico Superior. – Jurásico Inferior)

La nomenclatura usada en el presente informe es aquella usada en el centro del Perú por Mc Laughlin 1924; Jennks W. 1951, Megard F. 1968, teniendo en consideración la similitud litoestratigráfica.

Regionalmente el Grupo Pucará aflora en los cuadrángulos de Bolívar, Leimebamba, Chachapoyas, Bagua Grande, Jumbilla y Rioja siguiendo una dirección SE a NW y suprayace al Grupo Mitu en discordancia.

Los afloramientos más accesibles del Grupo Pucará son aquellos del río Utcubamba, donde se observan las tres Formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga con las mismas características a las que afloran en el centro del Perú.

Las rocas carbonatadas Pucará presentan una morfología accidentada con pendientes de moderado-fuerte a abruptas, presentan relieves kársticos, dolinas, escarpes y cañones.

En la región de Amazonas se han podido reconocer las 3 subdivisiones del Grupo Pucará:

2.2.2.1 Formación Chambará (Triásico Superior)

Constituye la base del Grupo Pucará. Regionalmente los niveles inferiores se caracterizan por estar conformados por calizas en estratos de 1 a 3 metros de grosor, que contienen generalmente nódulos de chert e inclusiones silíceas de forma irregular. Su estratificación es paralela con superficies onduladas e irregulares; las calizas son bastante resistentes de apariencia maciza.

Los niveles superiores están constituidos por estratos de 10 a 40 centímetros de grosor, separados por superficies de estratificación ondulada, irregular paralela; las calizas que conforman esta unidad son mayormente micríticas de grano muy fino y biomicríticas. Macroscópicamente se observa que son calizas de estratos delgados, gris oscuras con niveles fosilíferos.

La Formación Chambará presenta una coloración gris oscuro a gris claro; en superficie se observan meteorizadas de un color beige - amarillento, se distingue nódulos de chert de formas irregulares y tamaños centimétricos.

En el área de Cañón Florida la Formación Chambará está compuesta por carbonatos de alta energía, de ambientes de barreras con desarrollo de arrecifes locales; representados por texturas packstone, rudstone, floatstone y wackstone; por información de los sondajes diamantinos; se conocen de la presencia de marcadores bioestratigráficos de continuidad distrital.

2.2.2.2 Formación Aramachay (Jurásico inferior)

Se caracteriza por presentar calizas tabulares en capas de 10 a 20 centímetros, de color gris oscuro a bituminoso con niveles margosos y pelíticos negros, presentan abundante material orgánico con presencia de fósiles que caracterizan a estos (ammonites y bivalvos). Se considera como guía para poder determinar las Formaciones Chambará y Condorsinga. Las capas se presentan pobremente expuestas por la poca resistencia a la erosión, pero se muestra en gran amplitud formando topografías suaves y onduladas.

2.2.2.3 Formación Condorsinga (Jurásico inferior)

Es la unidad estratigráfica superior del Grupo Pucará. La Formación Condorsinga conforma una secuencia monótona de calizas de color gris a gris oscuro de granulometría generalmente fina, con intercalaciones de limoarcillitas de color gris a gris verdusca. El grosor de la secuencia alcanza localmente hasta 200 metros. La composición de las rocas sugiere un ambiente de plataforma carbonatada externa y facies de talud.

La mineralización de óxidos de Zinc de: Mina Grande, Mina Chica y Río Cristal al NNE del proyecto Cañón Florida están hospedadas por las rocas de esta formación como producto de oxidación de cuerpos mineralizados del tipo Mississippi Valley.

2.2.3 Formación Corontachaca (Jurásico Medio a Superior)

Los conglomerados calcáreos y brechas sedimentarias calcáreas de la Formación Corontachaca sobreyacen a calizas grises de la Formación Condorsinga en discordancia angular. La presencia de las rocas de ésta formación estratigráfica es restringida en la zona del proyecto, afloran en las cumbres altas del paraje Santa Catalina cerca de Shipasbamba y en el Puente Corontachaca en el Río Utcubamba.

2.2.4 Formación Sarayaquillo (Jurásico Superior)

Está conformado por secuencias de lodolitas, limolitas, limoarcillitas, areniscas rojas y niveles aislados de calcarenitas denominados en conjunto como Formación Sarayaquillo. Presenta intercalaciones lenticulares de yeso y sal que indican un ambiente somero tipo lacustrino. La potencia estimada de la unidad es de hasta 800 metros. Sobreyacen a los conglomerados de la Formación Corontachaca en discordancia angular.

Aflora en la ladera media a bajas del área Santa Catalina y Pueblo Viejo al Sureste del proyecto Cañón Florida y cerca de Shipasbamba, presentando topografía suave debido a su menor resistencia a la erosión y siendo afectado por fenómenos geodinámicos externos como deslizamientos y asentamientos de terreno.

2.2.5 Formación Goyllarisquizga (Cretácico Inferior)

Está conformado por una secuencia de areniscas cuarzosas de color gris claras a blanquecinas de grano fino a grueso con intercalaciones aisladas de limoarenitas; sobreyacen en discordancia angular a la Formación Sarayaquillo.

El grosor de la unidad puede alcanzar hasta 350 metros y debido a su alta resistencia a la erosión las rocas de esta unidad conforman topografías agrestes y escarpadas.

2.2.6 Formación Chonta (Cretácico Inferior)

La litología de la Formación Chonta consiste de una intercalación de lodolitas, limolitas y caliza. La secuencia sedimentaria empieza con horizontes de limoarcillita en la base con transición a calizas gris clara; la secuencia continúa con horizontes de chert e intercalaciones de limoarcillitas bituminosas.

2.3 Subdivisión de la Formación Chambará en el Proyecto Cañón Florida

Según Rhodes (1998), en la zona de Cañón Florida ocurre una marcada diferenciación dentro de las calizas Chambará. Las cuales se han subdividido en 3 miembros: Chambará 1, Chambará 2 y Chambará 3, de acuerdo a la clasificación de Dunham (1962) (Tabla 2.2) y a la presencia de horizontes fosilíferos marcadores.

Esta subdivisión es de carácter netamente local pues no se emplea en otras zonas del país donde aflora la Formación Chambará.

Tabla 2.2: Ampliación de la clasificación de Dunham (1962) propuesta por Embrie y Klovan (1971).

Componentes originales no enlazados durante el depósito		Sin matriz y grano-sostenida	Componentes originales enlazados orgánicamente	Textura original no reconocible Carbonatos cristalinos	> 10% de granos granos > 2 mm		Tipo de enlace orgánico			
Con matriz					Sostenida por la matriz	Grano-sostenida	organism. actúan como pantallas	organism. incrustan y enlazan	organism. construyen un edificio rígido	
Menos del 10% de granos	Más del 10% de granos									
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Crystalline	Floatstone	Rudstone	Bafflestone	Bindstone	Framestone

DUNHAM

EMBRIE y KLOVAN

La subdivisión de la Formación Chambará es importante para el Proyecto Cañón Florida ya que la mineralización está en su mayoría restringida al miembro denominado Chambará 2 por su característica porosidad y su permeabilidad lo que la constituye una excelente roca huésped.

Por otra parte los marcadores bioestratigráficos también se restringen al miembro Chambará 2 y nos ayudan a inferir un pronto cambio de miembro debido a su distribución al tope y la base de la formación. (Figura 2.3).

En superficie estos miembros afloran a lo largo de cañones con tendencias de orientación NW-SE y NNE-SSW ya que son las direcciones estructurales predominantes (Figura 2.4).

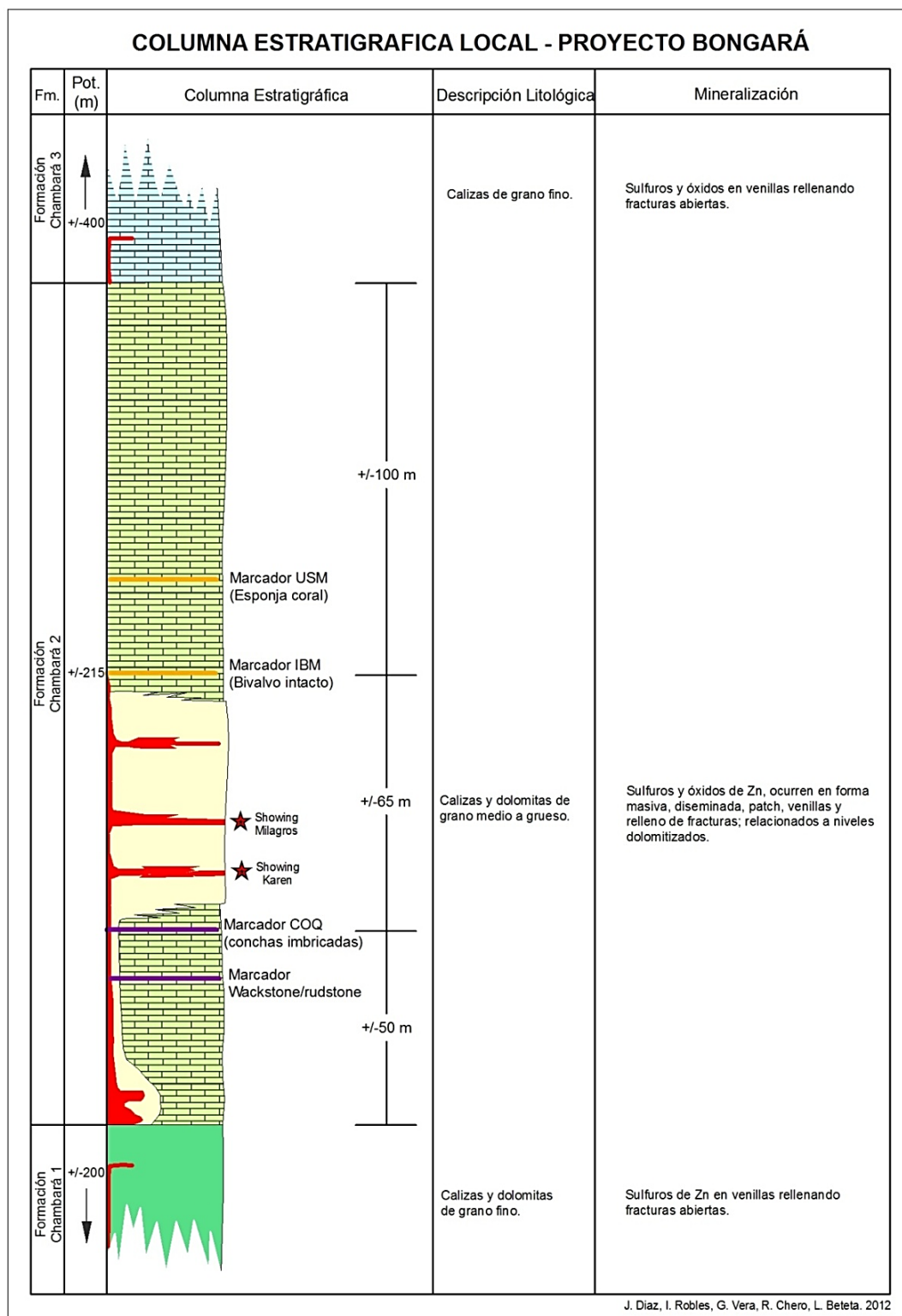


Figura 2.3: Columna estratigráfica local. Muestra mineralización y marcadores bioestratigráficos (Diaz, J., Robles, I., Vera, G., Chero, R., y Beteta L., 2012).

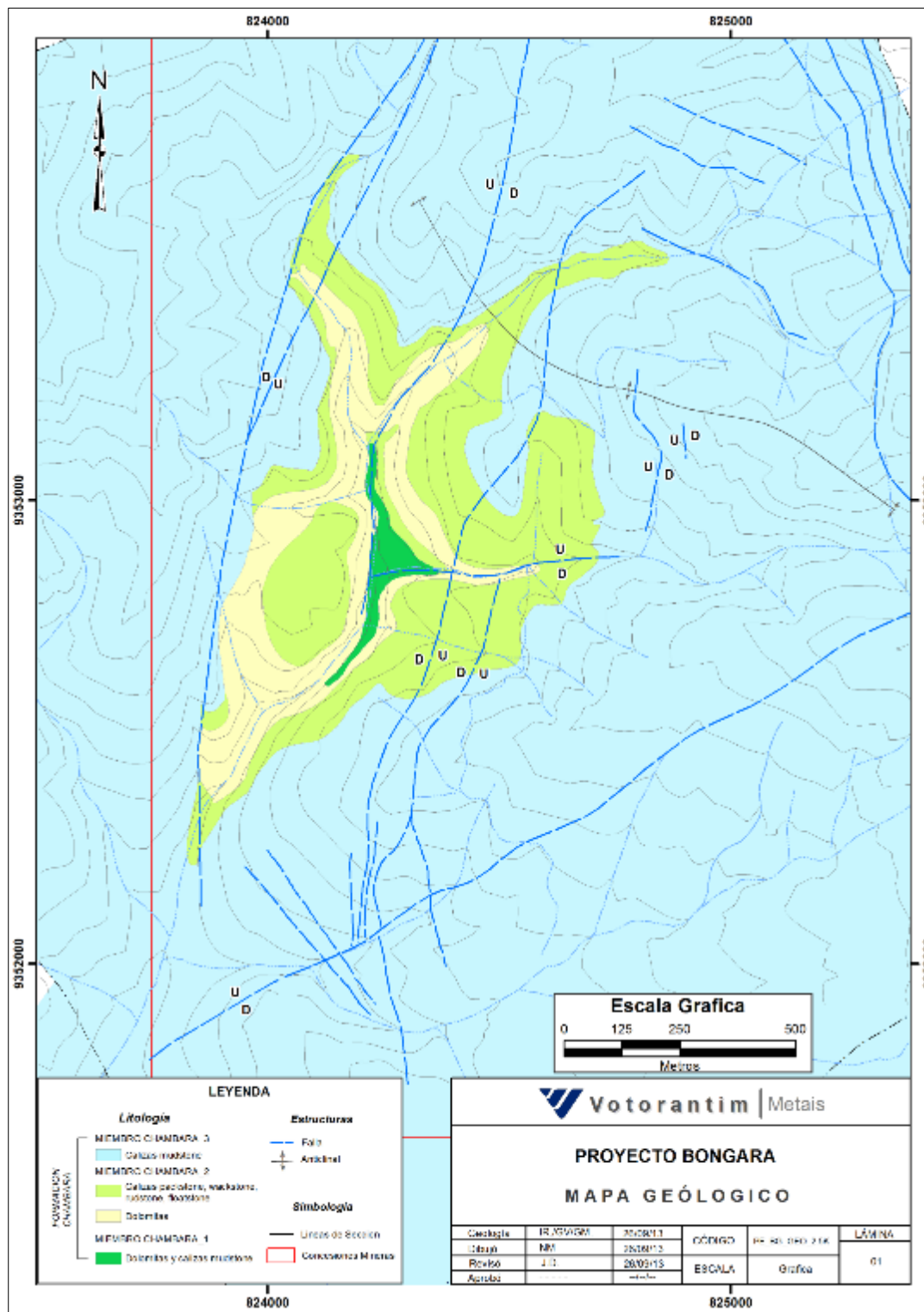


Figura 2.4: Mapa geológico del Proyecto Cañón Florida.

2.3.1 Miembro Chambará 3

Es el nivel superior de la Formación Chambará; está compuesto por calizas mudstone con una granulometría generalmente fina de color gris oscuro (Figuras 2.5, 2.6 y 2.7).

Los sondajes diamantinos han cortado potencias en promedio de 310 metros y hacia el sector Noreste del proyecto sobrepasan ligeramente los 500 metros.

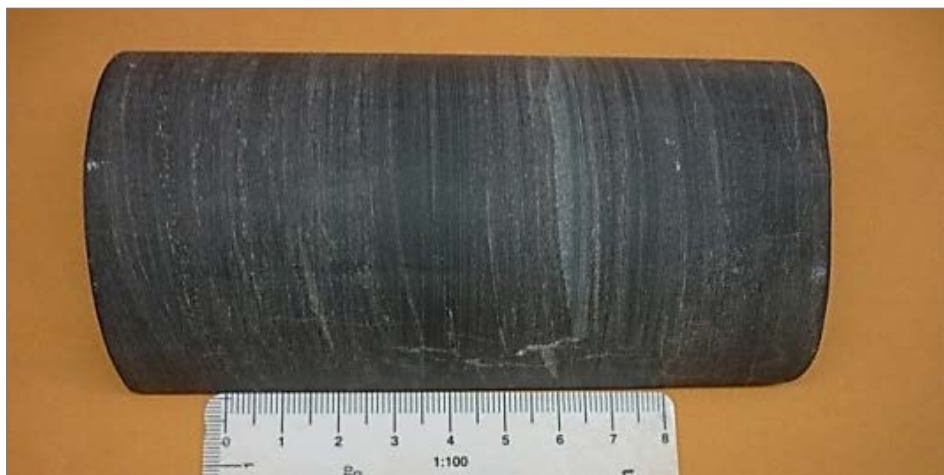


Figura 2.5: Caliza mudstone laminar planar de color gris oscuro y grano fino.



Figura 2.6: Caliza mudstone bituminosa de color gris muy oscuro y grano fino; mostrando venillas de calcita.



Figura 2.7: Caliza floatstone crinoidal de color gris oscuro y grano fino, con presencia de esporádicos crinoides en matriz bituminosa.

2.3.2 Miembro Chambará 2

Es el miembro intermedio de la Formación Chambará. Está conformado por calizas tipo wackstone y packstone, fosilífera (crinoides, algas, espongiarios y bivalvos) con niveles permeables conformado por dolomitas tipo packstone, wackstone, rudstone, pseudobrechas, brechas evaporíticas homolítica y heterolíticas. Los sondajes diamantinos han cortado potencias de 80 a 230 metros en la parte central del proyecto (Figuras 2.8, 2.9 y 2.10).



Figura 2.8: Caliza packstone crinoidal pelletal, gris claro, de grano medio con abundantes crinoides y pellets de grano soportados.



Figura 2.9: Dolomita packstone pelletal de color gris claro y grano medio a grueso.



Figura 2.10: Dolomita packstone pseudobrecha de color gris blanquecino y grano grueso, con fuerte pseudobrechamiento.

2.3.3 Miembro Chambará 1

Es la parte inferior de la Formación Chambará, se compone de calizas mudstone de ambientes marginales de llanura de marea, en ocasiones con contenidos fosilíferos de algas y con una estratificación laminar. La información de sondajes diamantinos indican que se halla parcialmente dolomitizada a veces presentan pseudomorfos de calcita reemplazando yeso o anhidrita y localmente. Con respecto al espesor de la unidad Chambará 1 se estiman potencias de 100 a 120 metros (Figuras 2.11 y 2.12).



Figura 2.11: Caliza mudstone color gris claro presentando venillas de esfalerita.



Figura 2.12: Dolomita mudstone con laminación algal, color gris claro y granulometría fina.

2.4 Marcadores Bioestratigráficos

Por observaciones de sondajes diamantinos esta unidad contiene horizontes bioestratigráficos marcadores de continuidad distrital y local. En el área del proyecto Cañón Florida han sido denominados: Marcadores Esponja - Coral Superior (USM), Marcador Bivalvo Intacto (IBM), Marcador Coquina (COQ) y Marcador Wackstone - Rudstone (WRM). De estos, los marcadores bioestratigráficos más importantes y que presentan continuidad a lo largo de todo el depósito son los marcadores Marcador Bivalvo Intacto (IBM), Marcador Coquina (COQ) (Rhodes, 1998).

2.4.1 Marcador Esponja - Coral Superior (USM)

Se localiza en la parte superior del miembro Chambará 2, corresponde a una caliza tipo floatstone - rudstone con pocos fósiles de esponja - coral. Se ubica aproximadamente a 40 metros debajo del contacto del miembro Chambará 3 con el miembro Chambará 2 y de 20 a 25 metros por encima del Marcador Bivalvo Intacto (IBM). Presenta discontinuidades frecuentes y es de alcance local.

2.4.2 Marcador Bivalvo Intacto (IBM)

Se ubica en la parte superior del miembro Chambará 2. Tiene un espesor de 3 a 6 metros y consiste de abundantes conchas de bivalvos de 1 a 2 centímetros, las conchas son de tamaño uniforme con muy pocos crinoideos. Lo más conspicuo de este marcador es que presenta valvas intactas, uniformes y redondeadas aunque puede observarse delgados niveles de valvas imbricadas. Tiene cierta continuidad pero se encuentra ocasionalmente mineralizado lo que hace difícil su identificación (Figura 2.13).



Figura 2.13: Caliza rudstone marcador bivalvo intacto (IBM) caracterizado por presentar abundantes valvas intactas de diámetro de 1 a 2 cm.

2.4.3 Marcador Coquina (COQ)

Se ubica en la parte inferior del miembro Chambará 2. Tiene un espesor de 1.10 a 1.20 metros y consiste de conchas delgadas de bivalvos compactados e imbricados. Presenta cierta continuidad y es fácil reconocerlo por sus características valvas imbricadas (Figura 2.14).



Figura 2.14: Caliza rudstone marcador coquina (COQ) caracterizado por presentar conchas imbricadas.

2.5 Geología Estructural

A escala regional el Grupo Pucará está afectado por pliegues y fallas que disponen las capas con buzamientos tanto en direcciones E y W. Las tendencias estructurales regionales son NW-SE y NNE-SSW con estructuras subordinadas de dirección NE-SW.

A escala local el proyecto Cañón Florida se ubica en una zona de bloques hundidos por fallas normales e inversas que permitieron el ascenso del Grupo Pucará en anticlinales fallados. Este arreglo estructural se debe a los eventos de compresión y distensión que originaron altos estructurales y cuencas de deposición a lo largo del tiempo geológico. Las estructuras principales en el depósito Cañón Florida son: La Falla Sam (NNE-SSW), el anticlinal cuyo eje axial tiene una dirección NW-SE y fallas menores de orientación NE-SW, NW-SE y N-S con cinemática normal (Robles, 2012).

La Falla Sam es la mayor zona de falla al oeste de Cañón Florida y muestra desplazamiento horizontal y vertical poniendo en contacto el miembro Chambará 3 (bloque oeste) con el miembro Chambará 2 (bloque este). Otro grupo de fallas menores con o sin muestras de mayores desplazamientos se encuentran en el lado este de la Falla Sam (Reid, 2001).

El anticlinal de Cañón Florida es una estructura con eje axial NW-SE. El sector de Karen-Milagros (NE del proyecto) se ubica en el eje del anticlinal con buzamientos de las capas de 5 y 10 grados. El sector de San Jorge se ubica en el flanco SW del anticlinal con buzamientos de las capas de 45 a 50 grados. Se cree que debido al fallamiento en bloques se ha acentuado el buzamiento en el sector de San Jorge (SW del proyecto) (Robles, 2012).

CAPITULO III

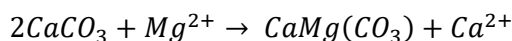
MINERALIZACIÓN Y FACTORES ASOCIADOS

La mineralización de Zn y Pb en el depósito tipo Mississippi Valley de Cañón Florida se encuentra predominantemente, aunque no de manera exclusiva, confinada a la Formación Chambará, en su miembro Chambará 2. La dolomitización está asociada y genéticamente relacionada a la mineralización de zinc y se observa en el área de varias maneras.

Cañón Florida ha sido definido como un depósito del tipo Mississippi Valley por su asociación en rocas carbonatadas (Fm. Chambará), su estilo de alteración y texturas asociadas (dolomitización y pseudobrechas) y su asociación mineralógica de esfalerita, galena y en menor proporción pirita, así como su estilo de mineralización (masiva a semimasiva). Todo esto sobre la base de información recaba en las campañas de muestreo, mapeo y perforación llevadas a cabo desde el año 1997.

3.1 Dolomitización

La dolomitización es la alteración característica en Cañón Florida; es el resultado del remplazamiento hidrotermal de Ca^+ por Mg^+ en la caliza bajo la acción de una salmuera rica en Mg^+ según la siguiente reacción:



Este proceso está presente en el depósito en dos etapas. Una premineral con una granulometría fina y conservando la textura original de la roca y otra, más intensa, asociada al evento mineralizante con una granulometría gruesa y de mayor distribución espacial.

Las dolomitas del miembro Chambará 2 son de grano medio a grano grueso (cristalinas), con textura de tipo pseudobrecha. Estos niveles dolomitizados están asociados a menudo a mineralización de Zn-Pb y Fe. Las dolomitas del Chambará 1 son de grano fino, muestran laminaciones algales y calcita relleno de nódulos de yeso lo que indica que se trata de dolomitas primarias.

En el depósito de Cañón Florida se observa una cercana relación espacial entre la mineralización, disolución de carbonatos y la dolomitización, y un control estructural es evidente. La dolomitización es más intensa en la cercanía a ciertas fallas que actuaron como conductos de fluidos con una correlación directa con los eventos mineralizantes aunque también muestra una preferencia por los horizontes más permeables de tipo packstone y rudstone que se encuentran lejos de las fallas (Reid, 2001).

3.2 Texturas y estructuras favorables para la mineralización

Gran parte del miembro Chambará 2 (grano medio a grueso) se encuentra dolomitizado, presentando texturas y estructuras favorables a la mineralización tales como: brechas, pseudobrechas y dolomitas con porosidad primaria y/o secundaria, donde las cavidades de disolución están rellenas por dolomita cristalizada y/o sulfuros de Zn y Pb (Rhodes, 1998; Reid, 2001).

3.2.1 Brechas y Pseudobrechas

- **Brecha Craquelada:** Transición entre fracturamiento fuerte y brecha con clastos disturbados donde la calcita o dolomita rellenan fracturas en la roca (Figura 3.1).

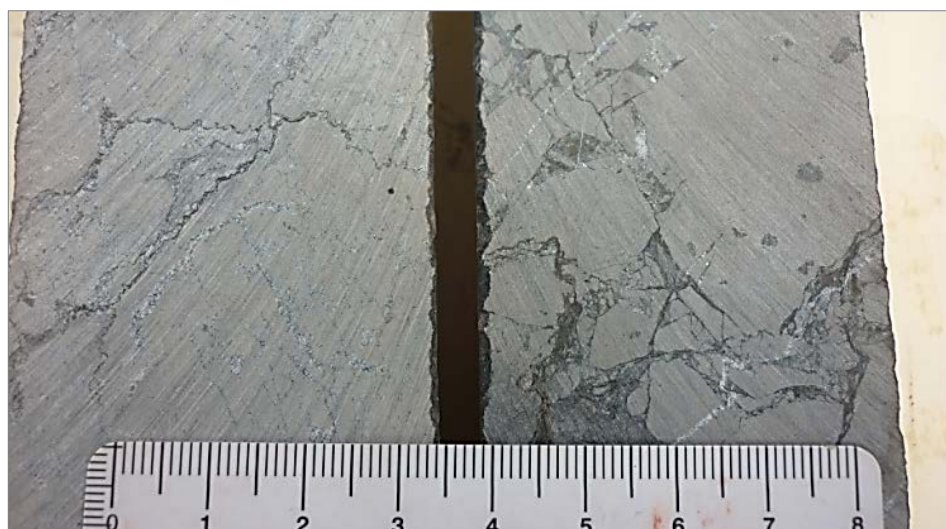


Figura 3.1: Brecha Craquelada con material bituminoso relleno de fracturas.

- **Brecha Mosaico:** Los clastos presentan muy poca rotación, la brecha es clasto soportado y está relacionado a zonas con fracturamiento (Figura 3.2).



Figura 3.2: Brecha Mosaico, clasto soportado, fragmentos de caliza mudstone con geometría subangulosa y matriz dolomítica.

- **Brecha de Colapso Homolítica:** Constituida por clastos rotados de un solo tipo de roca indicando un grado de colapso menor. Se encuentran en zonas fracturadas o derrumbes de cierto nivel estratigráfico causados por procesos kársticos. Los clastos son angulosos a subredondeados y la matriz está conformada mayormente por fragmentos de la misma composición que los clastos (Figura 3.3).

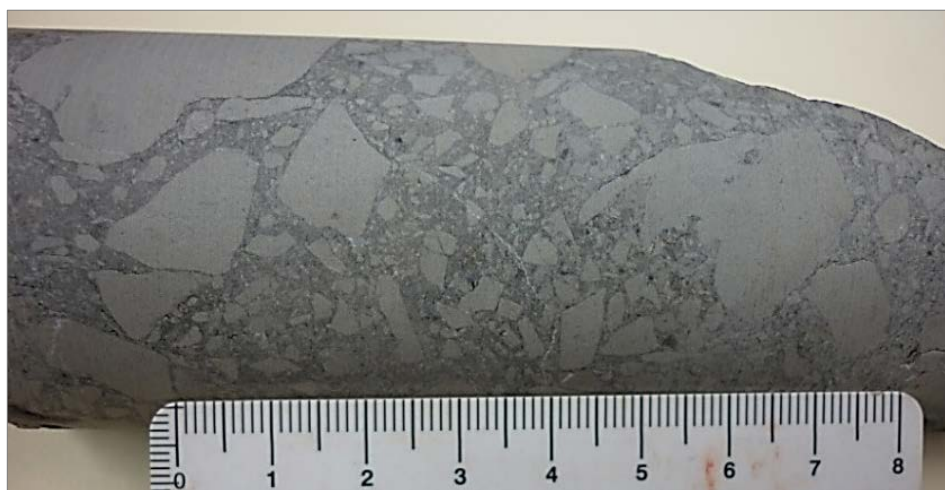


Figura 3.3: Brecha de colapso homolítica con fragmentos de caliza mudstone gris clara, de geometría subredondeada y matriz de roca molida.

- **Brecha de Colapso Heterolítica:** Constituida por clastos rotados de más de un tipo de roca, indicando un grado de colapso mayor. Se encuentra en zonas de fallas o colapso de algunas capas de rocas por procesos kársticos; los clastos pueden ser angulosos a subredondeados la matriz está conformada mayormente por fragmentos de la misma composición que los clastos (Figura 3.4).



Figura 3.4: Brecha de colapso heterolítica con fragmentos de caliza packstone gris clara y gris oscura, de geometría subredondeada y matriz de roca molida.

- **Brecha Evaporítica:** Brecha matriz soportada con clastos angulosos a subangulosos, rotados, de dolomita packstone (generalmente, aunque puede ser polimítica) y matriz dolomítica que reemplazó a evaporitas siendo característica de la matriz la presencia de texturas de flujo y/o bandeamiento así como pseudomorfos de cristales de yeso pudiendo también tener un componente de roca molida en la matriz. Generalmente relacionada a zonas de falla y/o zonas de colapso que afectaron los estratos (Figura 3.5). Genéticamente este tipo de brecha se origina con el emplazamiento de un cuerpo evaporítico (diapiro) generalmente a través

de fallas, atravesando las secuencias estratigráficas, a lo largo de planos de fallas de sobre escurrimiento o concordantes a la estratificación aprovechando los planos de debilidad y que a su paso asimila clastos de las unidades litológicas que atraviesa. Ocurren por lo general en secuencias ricas en evaporitas que han sido disturbadas tectónicamente.



Figura 3.5: Brecha evaporítica con ocurrencias de pseudomorfos de dolomita reemplazando a cristales de yeso y matriz bituminosa.

- **Pseudobrechas:** Es un término usado en depósitos tipo Mississippi Valley para describir rocas dolomitizadas con una textura que asemeja a una brecha, con “clastos” oscuros de roca y “matriz” clara de dolomita. Las pseudobrechas se originan a partir de intercalaciones de lodo calcáreo y evaporitas que luego del proceso de diagénesis son afectados por distintos grados de dolomitización. Tanto la roca calcárea como la fase evaporítica son reemplazados por dolomita y esto conlleva a un cambio textural y de volumen que finalmente deriva en el aspecto de brecha de la roca original. Ocasionalmente presenta una textura tipo “cebra” bandeada. La alta

permeabilidad de las pseudobrechas se relaciona a la granulometría gruesa (packstone, rudstone) (Figuras 3.6 y 3.7).



Figura 3.6: Dolomita packstone pseudobrecha de color gris blanquecino y grano grueso.



Figura 3.7: Dolomita packstone pseudobrecha de color gris blanquecino y grano grueso, con textura tipo cebra.

3.2.2 Porosidad primaria y secundaria

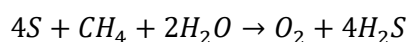
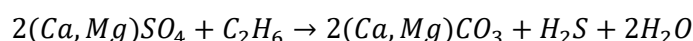
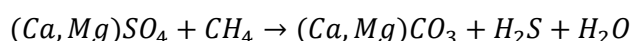
La textura con porosidad primaria corresponden generalmente a las calizas tipo packstone que se formaron en ambientes de alta energía lo que dio lugar a la formación de una roca calcárea de grano grueso. Otras rocas con texturas de porosidad primaria son las calizas tipo rudstone que por el tamaño de los fósiles se comporta como un horizonte favorable para la mineralización.

Las texturas con porosidad secundaria se originan por proceso de dolomitización de las calizas debido al reemplazamiento de Ca^+ por Mg^+ . El proceso de dolomitización conlleva al aumento del tamaño de los poros en rocas de grano medio a grueso así como la generación de nuevas cavidades por la reducción del volumen total de la roca (Figura 3.8).



Figura 3.8: Dolomita Packstone mostrando porosidad secundaria por presencia de cavidades por disolución en condiciones hidrotermales ascendentes, hay desarrollo de cristales de dolomita en las oquedades.

Otro factor importante es la presencia de materia orgánica, hidrocarburos (evidencias de gas en los miembros Chambará 2 y 3) y evaporitas (sulfatos). La interacción de los sulfatos, como el yeso, conlleva a la producción de H_2S lo que favorece la disolución de la roca carbonatada generando cavidades según las siguientes reacciones (Leach, 2012):



A su vez, tanto la materia orgánica y los sulfatos juegan un papel importante en la depositación de sulfuros de Zn y Pb ya que proporcionan un medio reductor y fuente de azufre respectivamente.

En general los procesos generadores de porosidad secundaria se relacionan a niveles favorables en la estratificación y estructuras que sirvieron como conductos para la circulación de salmueras (Reid, 2001).

3.2.3 Procesos Kársticos

Se observan cavidades kársticas de escala centimétrica a decamétrica circunscritas a zonas de fallas. Estas se habrían lixiviado por aguas meteóricas descendentes enriquecidas con gas carbónico (CO_2) en solución y de ácido carbónico (H_2CO_3) (Figura 3.9). Dentro del túnel San Jorge se observa dos cavidades kársticas de escala decamétrica cuyas paredes están tapizadas por calcita fina y a veces con estalactitas.



Figura 3.9: Muestras con cavidades kársticas, como producto de disolución de la caliza por aguas meteóricas descendentes conteniendo CO_2 y H_2CO_3 .

3.3 Mineralización

La mineralización en el depósito de Cañón Florida está generalmente asociada con dolomitización intensa, pseudobrechamiento y porosidad primaria y secundaria (Rhodes, 1998; Reid, 2001; Robles, 2012). Típicamente reemplaza fragmentos de roca y rellena espacios abiertos (porosidad y fracturas). La mineralización económica consiste de esfalerita parda a parda oscura y esfalerita parda amarillenta en menor proporción identificada localmente. La esfalerita se observa como agregados finos a gruesos, euhedrales de escala milimétrica a centimétrica. La mineralización de sulfuro de Pb se observa como galena en agregados similares a la esfalerita. Los sulfuros de Zn y Pb se observan juntos como intercrecimientos además de ocasionales vetillas de galena que cortan las fases tempranas de esfalerita.

Otra fase importante de mineralización está constituida por óxidos de zinc que se presentan como agregados terrosos masivos y diseminados reemplazando a la esfalerita además de relleno de espacios abiertos como fracturas y cavidades en

brechas. La presencia de óxidos de zinc a profundidades considerables, sería debido a la oxidación por el aporte de aguas meteóricas descendentes sin descartar aportes de aguas connatas y su percolación a través de fracturas profundas (Reid, 2001).

Mediante microscopía electrónica también se han identificado minerales secundarios originados por la oxidación de sulfuros metálicos de carácter económico como Smithsonita (ZnCO_3), Hemimorfita ($\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$), Cerusita (PbCO_3) y Anglesita (PbSO_4).

Otro sulfuro presente es la pirita que se observa como disseminaciones finas a escala milimétrica, reemplazamiento masivo de la roca huésped de escala centimétrica y reemplazamiento de estilolitos y fracturas rellenas de bitumen.

Los estilos de mineralización son: i) reemplazamiento masivo y relleno de espacios abiertos, ii) relleno y reemplazamiento de brechas y iii) vetillas y relleno de fracturas, los que son descritos a continuación:

i) Reemplazamiento masivo y relleno de espacios abiertos

Esta forma de mineralización se restringe a rocas porosas como dolomitas tipo packstone y rudstone. Los sulfuros (ZnS and PbS) rellenan las cavidades producto de las porosidades primaria y secundaria. La mineralización es por lo general de grano fino de 0.1 a 1 milímetro pero puede llegar hasta los 5 milímetros. Este tipo de mineralización puede ser de muy alto alcanzando el 25% de Zn y de 3 a 5% de Pb, y muestra un aparente control estratigráfico formando localmente cuerpos de sulfuros masivos conformados por esfalerita de grano grueso, galena y pirita como intercrecimientos (Figura 3.10).



Figura 3.10: Esfalerita y galena masiva reemplazando a dolomita packstone pseudobrecha.

ii) Relleno y reemplazamiento en brechas

La mineralización en brechas consiste de sulfuros de Zinc, Plomo y Hierro reemplazando clastos, matriz y rellenando espacios abiertos en las brechas. Por su grado de porosidad y tipo de matriz las brechas de colapso y evaporíticas son más favorables para la mineralización (Figura 3.11).



Figura 3.11: Esfalerita y galena relleno espacios en brecha de colapso homolítica.

iii) Vetillas y relleno de fracturas

Este tipo de mineralización se presenta como finas vetillas de 0.1 a 3 milímetros de esfalerita pardo amarillenta en los miembros Chambará 2 y Chambará 3. Su ocurrencia es local y generalmente cortando a fases previas de esfalerita parda.

En el corredor estructural de la falla SAM se registran zonas mineralizadas en el 90% de sondajes diamantinos ejecutados, aquí la mineralización se presenta como disseminaciones de baja ley en zonas de disolución con espesores considerables hasta zonas de remplazamiento parcial o masivo con leyes y espesores significativos.

En el Sector de Karen-Milagros (NE del proyecto), los intervalos entre los marcadores bioestratigráficos: Bivalvo Intacto Marcador (IBM) y Coquina Marcador (CQM) se encuentran dolomitizados y afectados por procesos kársticos; en este sector la mineralización ocurre como mantos estratoligados prismáticos, con mineralización masiva y disseminada. En esta zona las fallas son más espaciadas entre sí y presenta menor complejidad estructural.

En el Sector de San Jorge (SW del proyecto) la mineralización significativa en ley y espesor está controlada por estructuras tectónicas en zonas de brechas de colapso así como en mantos relacionados a los niveles dolomitizados y cercanos a fallas que sirvieron de conductos o canales de circulación de la mineralización.

La distribución de la mineralización se debe a los controles estructurales y litoestratigráficos del depósito. Estructuralmente, las fallas actuaron como conductos para que los fluidos hidrotermales ricos en Zn y Pb asciendan y alcancen los horizontes favorables dentro de la Formación Chambará y poder precipitar. El fallamiento también ha jugado un papel importante en la generación de procesos

kársticos y brechas que favorecen la deposición mineral. Otra estructura importante es el anticlinal de Cañón Florida que a manera de una trampa de hidrocarburos favorece los procesos de disolución que generan porosidad secundaria.

La Formación Chambará tiene horizontes con permeables de carbonatos de alta energía, presencia de porosidad primaria y porosidad secundaria con cavidades de disolución donde se hospeda la mineralización y forma mantos mineralizados, de aquí su carácter estratoligado. Por otra parte la Formación Aramachay, por su naturaleza impermeable, actúa como un sello sobre la Formación Chambará lo que impidió el escape de fluidos hidrotermales hacia las secuencias superiores (Reid, 2001).

3.4 Paragénesis

La secuencia paragenética se ha establecido con observaciones de campo y estudios de microscopía (Yparraguirre, A. y Blas, F., 2013) para muestras de los sectores de Karen-Milagros y San Jorge, que muestran un comportamiento similar entre ellas (Figura 3.12).

Los sulfuros presentes son principalmente esfalerita, galena y pirita. Basándonos en su color y paragénesis hay tres tipos de esfalerita en Cañón Florida: esfalerita roja (Esfalerita 1), esfalerita marrón (Esfalerita 2) y esfalerita amarilla (Esfalerita 2). Ambas, Esfalerita 1 y 2, representan el evento principal de mineralización. Se observa de manera restringida y local que la Esfalerita 2 se encuentra cortando a la Esfalerita 1 y reemplazando sus bordes, pero se considera a ambas como coetáneas ya que se asume que no son eventos con espaciamento temporal amplio (Robles, 2012). En cuanto a su distribución espacial, la Esfalerita 1 se encuentra en zonas de falla mineralizadas gradando a Esfalerita 2 a medida que nos alejamos de las zonas de

falla. Las fracturas y grietas en la Esfalerita 1 y 2 se encuentran comúnmente rellenas por dolomita clara. La Esfalerita 3 es posterior a la Esfalerita 1 y 2, se observa como relleno de fracturas y vetillas cortando la Esfalerita 1 y 2. Su distribución es más frecuente en zonas de falla y brechas, pero también se observa un comportamiento errático en distintas partes del depósito.

La galena se presenta principalmente como una fase de relleno de espacios abiertos más que una fase de reemplazamiento. Se asocia directamente con la Esfalerita 1 y 2 y se observa que corta localmente ambas lo que sugiere que se formaron contemporáneamente pero también, localmente, después.

La pirita ocurre como agregados de grano fino de forma euhedral reemplazando rellenos bituminosos de estilolitos y fracturas en el evento premineral (Pirita 1). También como agregados masivo y semimasivos en zonas de falla asociada al evento sinmineral (Pirita 2).

En cuanto a la dolomita, esta se observa como un evento continuo antes, durante y después de los eventos de mineralización. La principal diferencia entre la dolomita premineral (Dolomita 1) y las dolomitas posteriores (Dolomita 2) es el color y tamaño de grano. La dolomita premineral es de grano fino y color oscuro mientras que la dolomita sinmineral y postmineral es de grano grueso y de color crema a blanco. Se observa además un evento posterior de calcita blanca a beige en vetillas cortando las fases previas.



Figura 3.12: Secuencia paragenética generalizada para el depósito de Cañón Florida (Modificado de Reid, 2001).

CAPITULO IV

MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO

La mineralización de Zn y Pb en el depósito tipo Mississippi Valley de Cañón Florida se origina a partir de la interacción de fluidos ricos en Zn y Pb que ascienden a través de fallas y forman, principalmente, esfalerita y galena en niveles favorables por su porosidad y el ambiente geoquímico reductor (Leach, Taylor, Fey, Diehl y Saltus, 2010).

Una característica común en los depósitos estratiformes de Zn y Pb es la variación lateral de los ratios Pb/Zn en los mantos mineralizados. A medida que la fase mineral se aleja de la falla alimentadora de fluidos hidrotermales los valores de Pb/Zn decrecen. Este comportamiento se debe a la diferencia en la solubilidad relativa de Pb versus Zn. En un ambiente como el de los depósitos tipo Mississippi Valley, el Pb es menos soluble que el Zn hasta diez veces menos (Emsbo, 2000) (Figura 4.1). Por lo tanto si el fluido rico en Zn y Pb interactúa con un ambiente reductor en el manto el Pb precipitará en mayor abundancia cerca a la falla alimentadora y su contenido decaerá más rápido que el contenido de Zn. Esto se manifiesta en una zonación del ratio Pb/Zn con respecto a la falla alimentadora: a mayor distancia a la falla, menor valor del ratio.

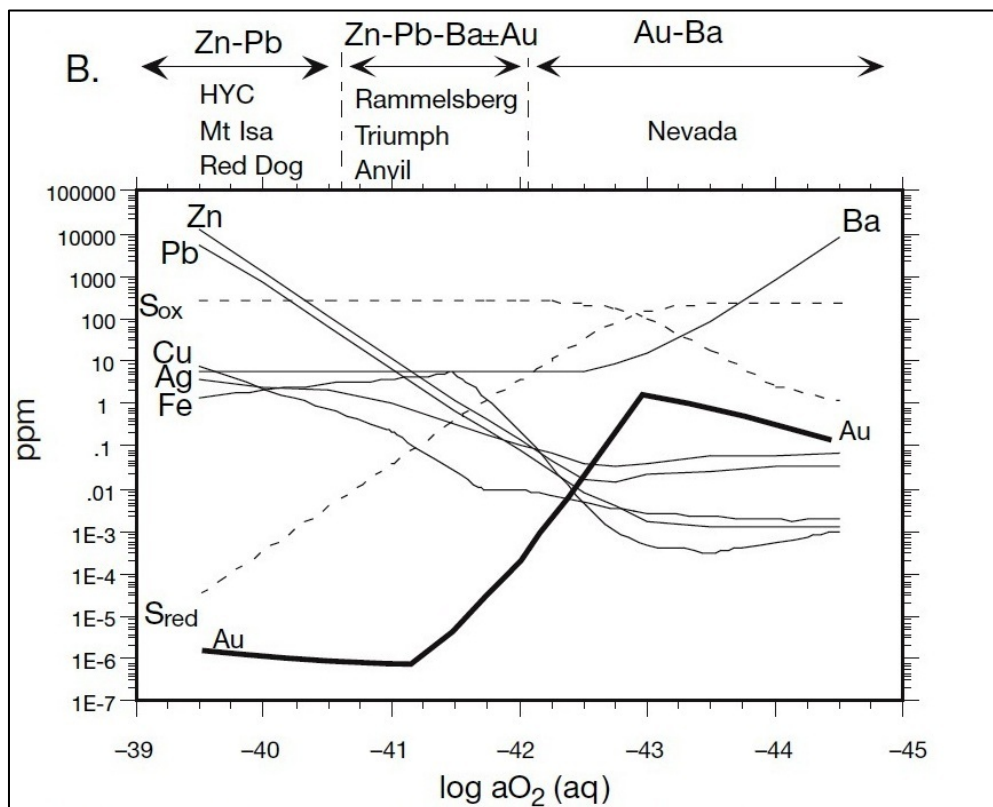


Figura 4.1: Solubilidad relativa de Pb y Zn en depósitos tipo MVT (Modificado de Emsbo, 2000).

Como ejemplo de este comportamiento se muestra una sección esquemática de los yacimientos estratoligados de Zn-Pb-Ag del proterozoico, típico del norte de Australia (Figura 4.2). En esta sección se observa la distribución de lentes mineralizadas de Zn-Pb-Ag con un halo de alteración de carbonatos enriquecido en Zn, adyacentes a una falla sin sedimentaria que sirvió como alimentador de los fluidos hidrotermales (Large, 2006).

Otro ejemplo es el depósito estratoligado de Hilton, Distrito de Monte Isa, Norte de Australia, donde el ratio Pb/Zn es mayor en la cercanía a la falla alimentadora, $Pb/Zn > 3$, y decrecen a medida que se alejan de esta hasta alcanzar valores de $Pb/Zn < 0.3$ (Figura 4.3).

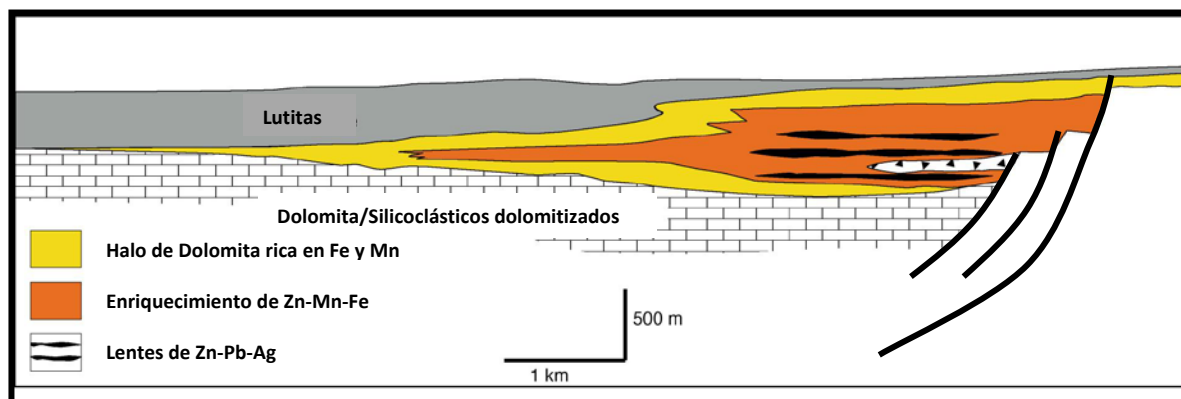


Figura 4.2: Sección esquemática de un depósito estratoligado de Pb y Zn donde se observa la distribución de la mineralización según las variaciones de los contenidos de Pb y Zn (Large, 2005).

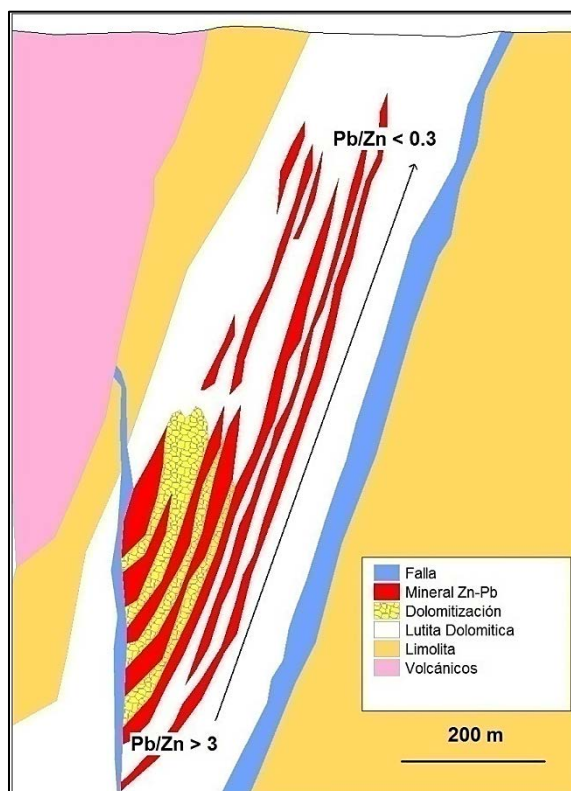


Figura 4.3: Sección esquemática del depósito estratoligado de Pb y Zn de Hilton donde se observa la tendencia a decrecer del valor de Pb/Zn al aumentar la distancia a la falla alimentadora (Chapman, 1999).

CAPITULO V

CARACTERIZACIÓN MACROSCÓPICA DEL TIPO DE MENA, ELABORACIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS Y RATIOS DE MINERALIZACIÓN VS. FALLAS MINERALIZADAS

5.1 Caracterización del tipo de mena

La mineralización en el depósito Cañón Florida se compone de sulfuros de Zinc y Plomo y óxidos de Zinc. El tipo de mena se ha caracterizado según la proporción de sulfuro y óxido en cada intervalo mineralizado en los siguientes tipos (Tabla 5.1):

Tabla 5.1: Tipo de mena según porcentaje relativo de Sulfuros

Porcentaje relativo de Sulfuros	Tipo de mena
<20%	Óxido
20% a 80%	Mixto
>80%	Sulfuro

La oxidación es más intensa en la esfalerita por lo que el cálculo del ratio Pb/Zn puede verse afectado cuando se emplean muestras de tipo óxido por lo que las muestras de tipo óxido fueron usadas como valor referencial.

5.2 Elaboración de secciones geológicas

Se elaboraron secciones geológicas sobre líneas de rumbo NE con vista al NW, empleando la información recabada durante las campañas de perforación y mapeo superficial entre los años 1996 a 2013. De éstas se eligieron cuatro para ser analizadas (Figura 5.1).

Para la zona de Karen Milagros se emplearon las secciones KM_NW_7, KM_NW_9 y KM_NW_13 (Figuras 5.2, 5.3 y 5.4), que son las más representativas del área, donde la mineralización es más continua y tiene menos complejidad estructural que el área de San Jorge. En ambas secciones se diferenciaron mantos y estructuras mineralizadas. Para la zona de San Jorge se empleó la sección SJ_NW_05 (Figura 5.5) por ser la más representativa del estilo de mineralización, relacionada a fallas mineralizadas y con extensión mineral en los mantos aún no definida por su complejidad estructural.

En las siguientes páginas se muestran las secciones mencionadas.

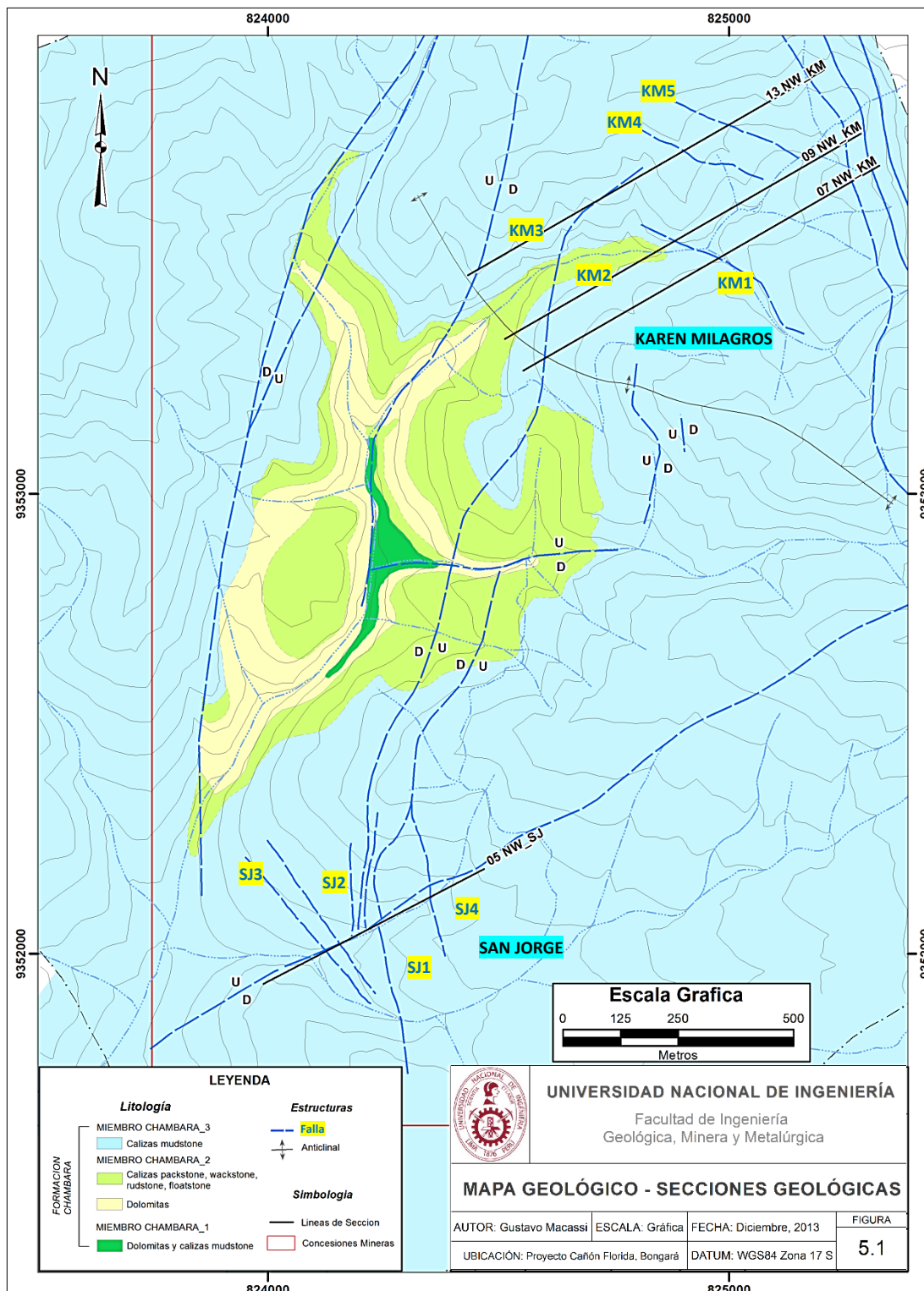


Figura 5.1: Mapa geológico del Proyecto Cañón Florida mostrando las secciones analizadas.

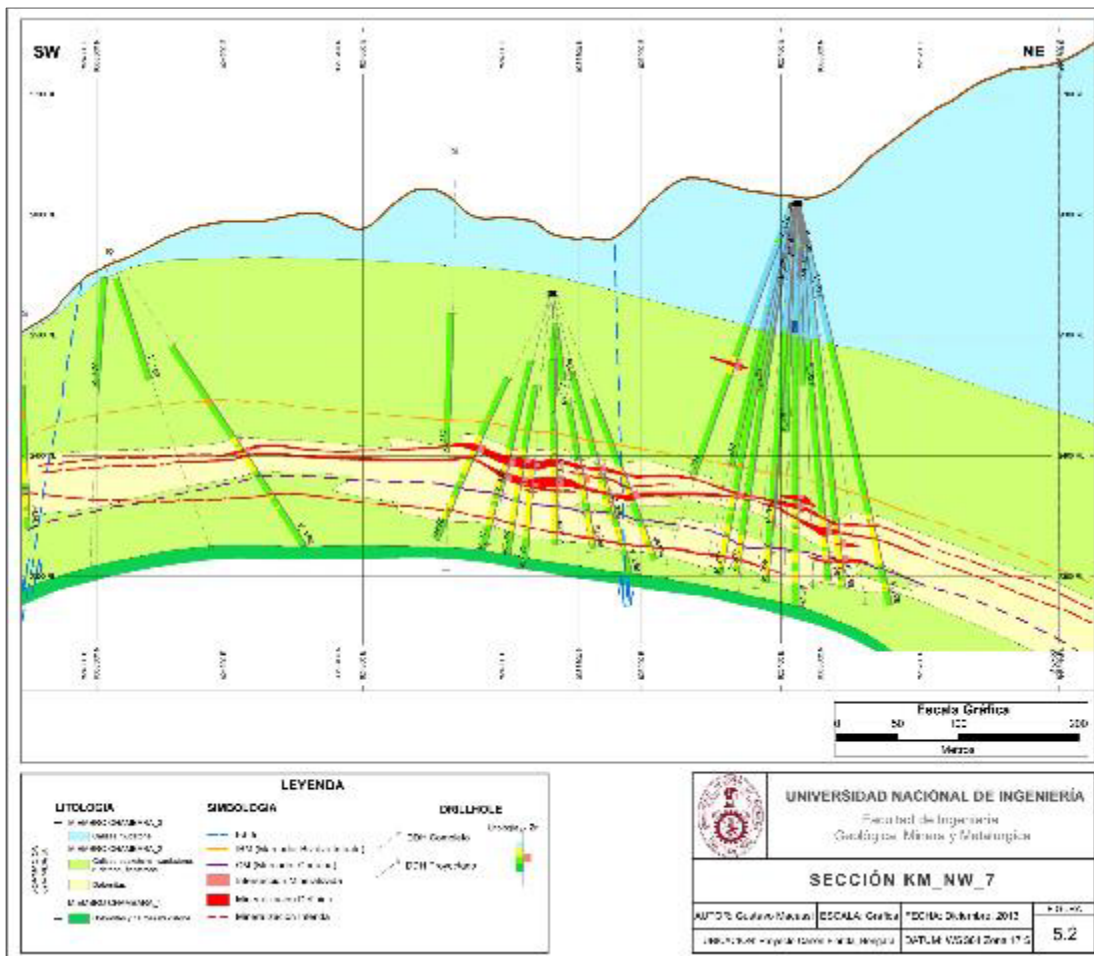


Figura 5.2: Sección KM_NW_7.

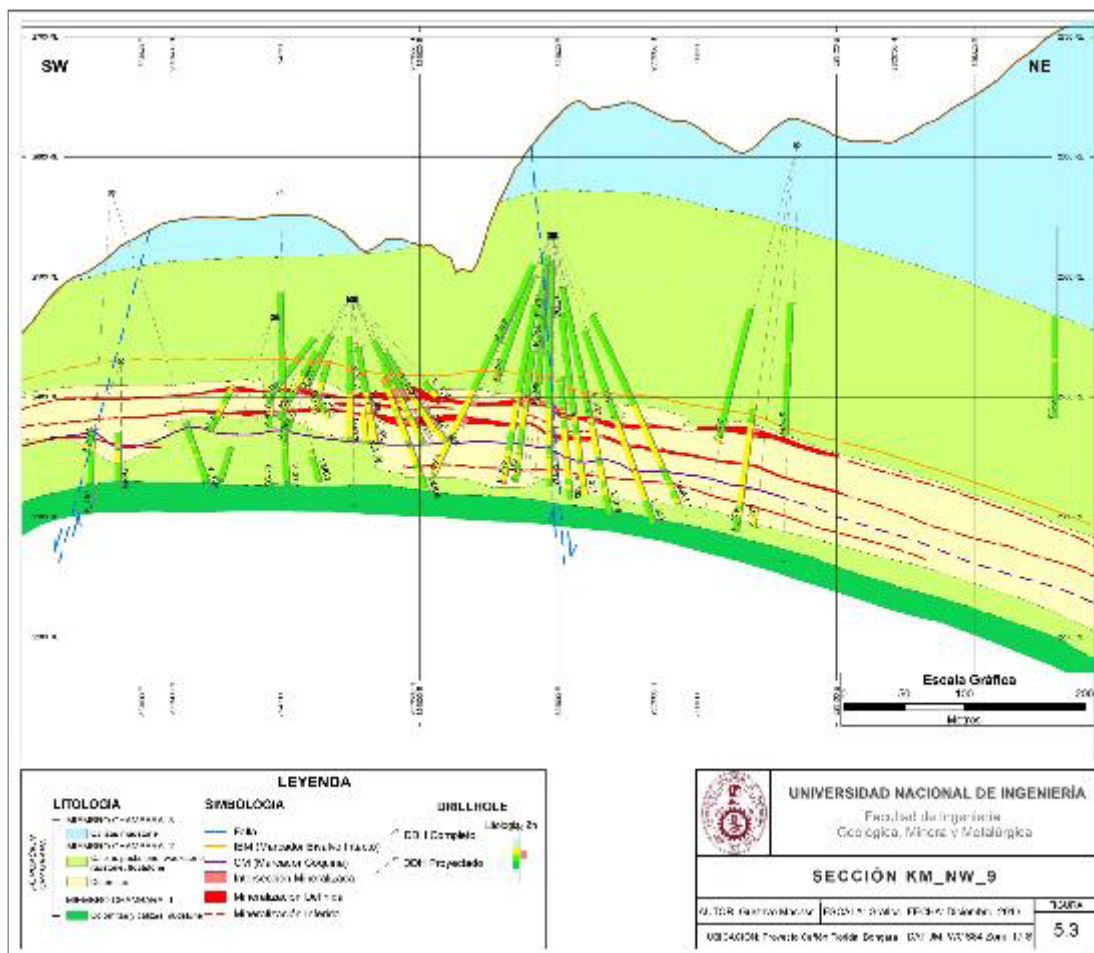


Figura 5.3: Sección KM_NW_9.

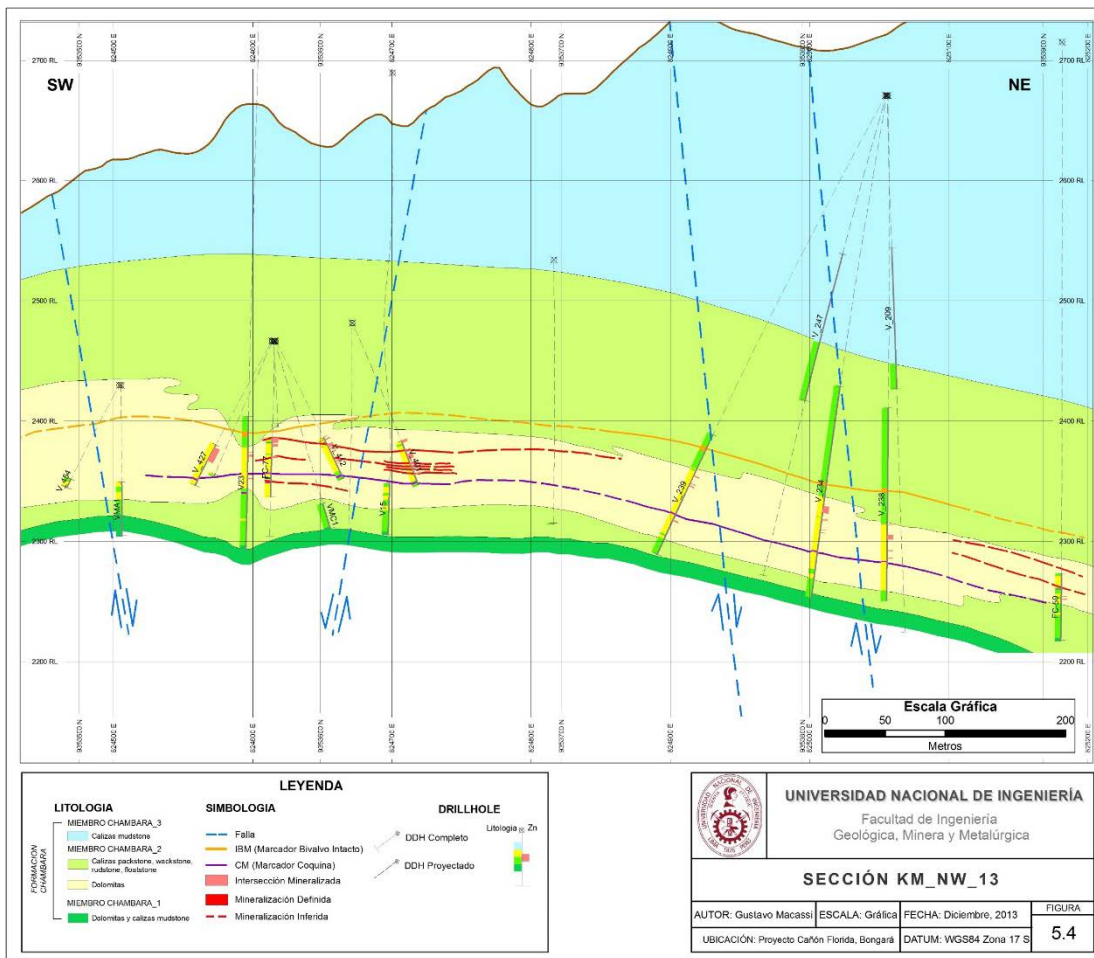


Figura 5.4: Sección KM_NW_13.

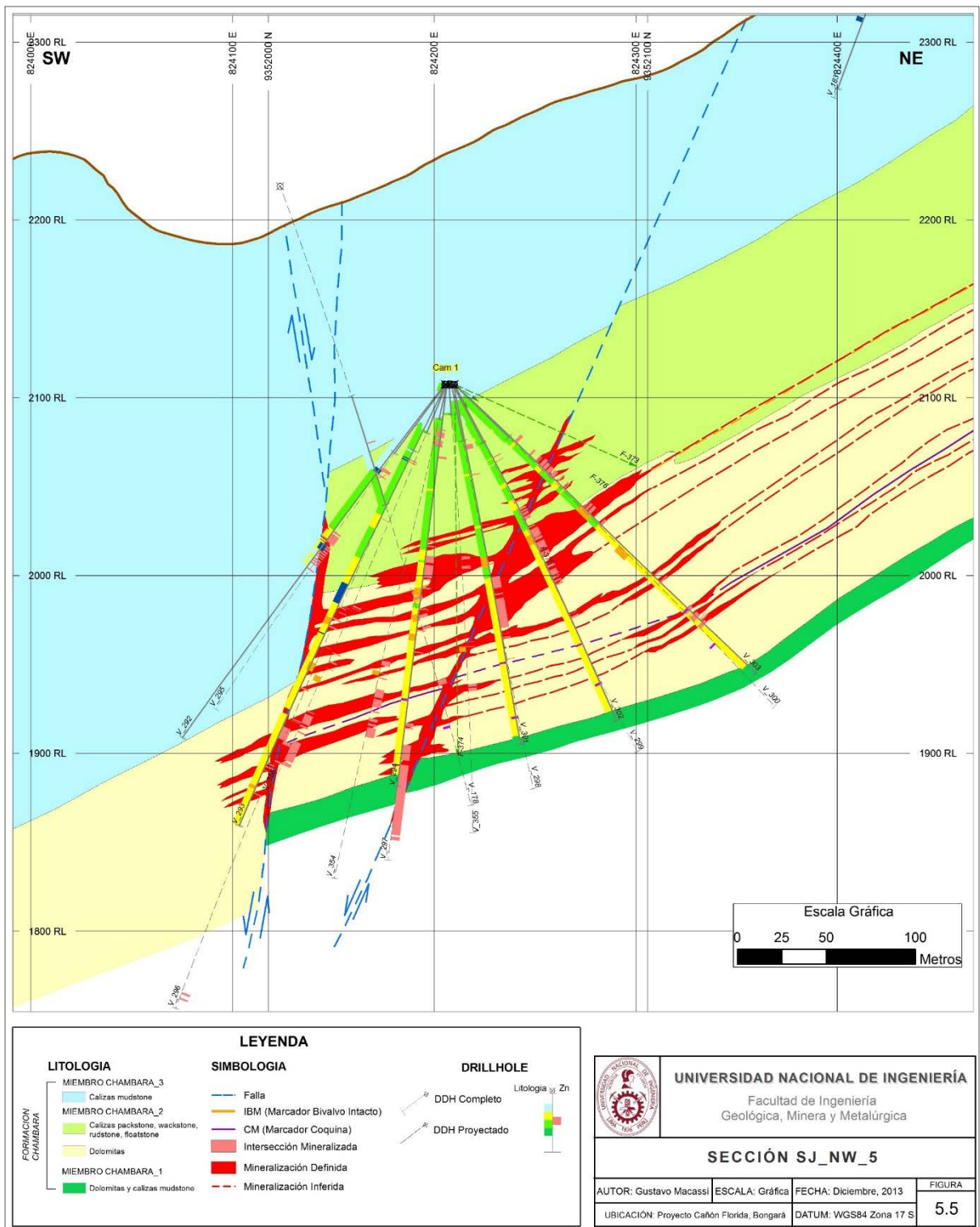


Figura 5.5: Sección SJ_NW_5.

5.3 Elaboración de gráficos de ratios vs distancia de muestras a fallas y/o profundidad

Se elaboraron gráficos de distancia del intervalo mineralizado a la falla alimentadora (Eje X) versus valor del ratio Pb/Zn (Eje Y) empleando software MS Office Excel. Se emplearon las distancias horizontales y se midieron usando el software ArcGis 9.3.

Para la zona de San Jorge se elaboraron gráficos adicionales de cota del intervalo mineralizado (Eje X) versus valor del ratio Pb/Zn (Eje Y), esto para caracterizar el zoneamiento vertical del ratio.

Además para ambos sectores, Karen Milagros y San Jorge, se elaboraron gráficos de distancia a las fallas versus los ratios Ag/Pb y Cu/Zn para mejorar la interpretación.

CAPITULO VI

RESULTADOS

6.1 Sector Karen Milagros

6.1.1 Sección KM_NW_7

En esta sección se definieron dos mantos continuos entre las fallas KM1 y KM2 los que fueron analizados para conocer si la falla KM1 puede ser definida como falla alimentadora (Figura 6.1).

Se hicieron los cálculos empleando valores de Zn, Pb y Ag de tramos muestreados en diez sondajes que definen los mantos. Las muestras corresponden a aquellas clasificadas como "Sulfuro" y "Mixto" por su contenido relativo de sulfuros y óxidos. No se calcularon ratios con otros elementos por no tener disponibles análisis completos de taladros antiguos.

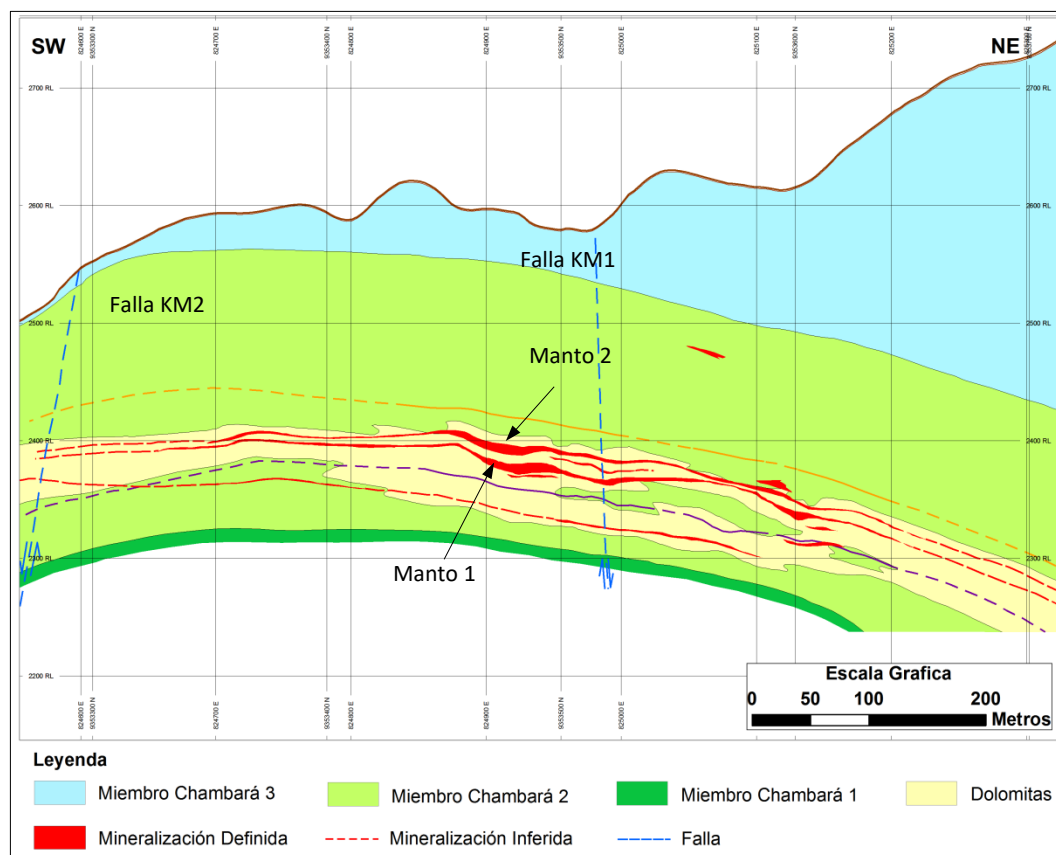


Figura 6.1: Sección Interpretativa KM_NW_7.

Para el Manto 1 se observa que al alejarse de la Falla KM1 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 50 metros de distancia y toma una tendencia creciente formando un pico a los 100 metros de distancia para volver a decrecer (Figura 6.2). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb (Figura 6.3).

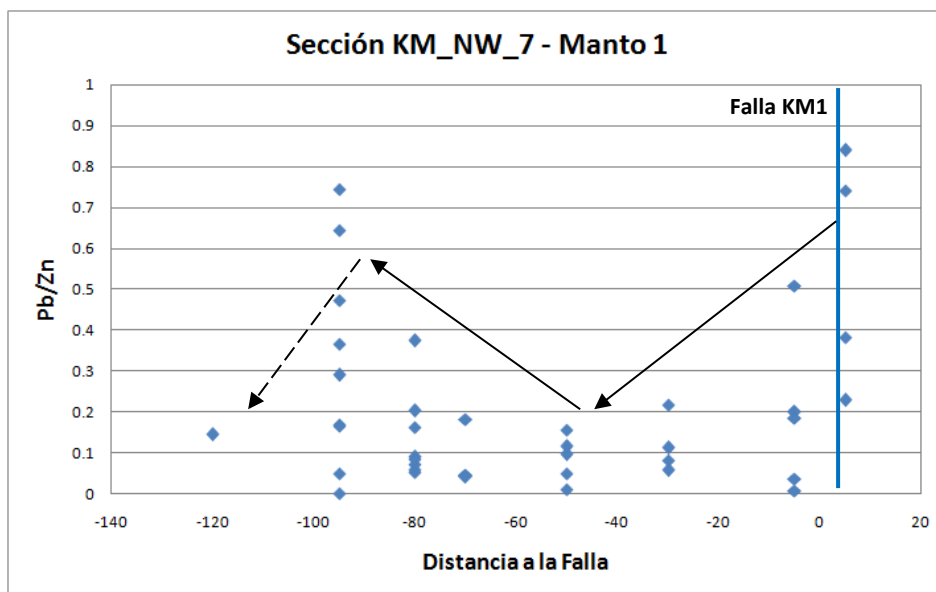


Figura 6.2: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_7.

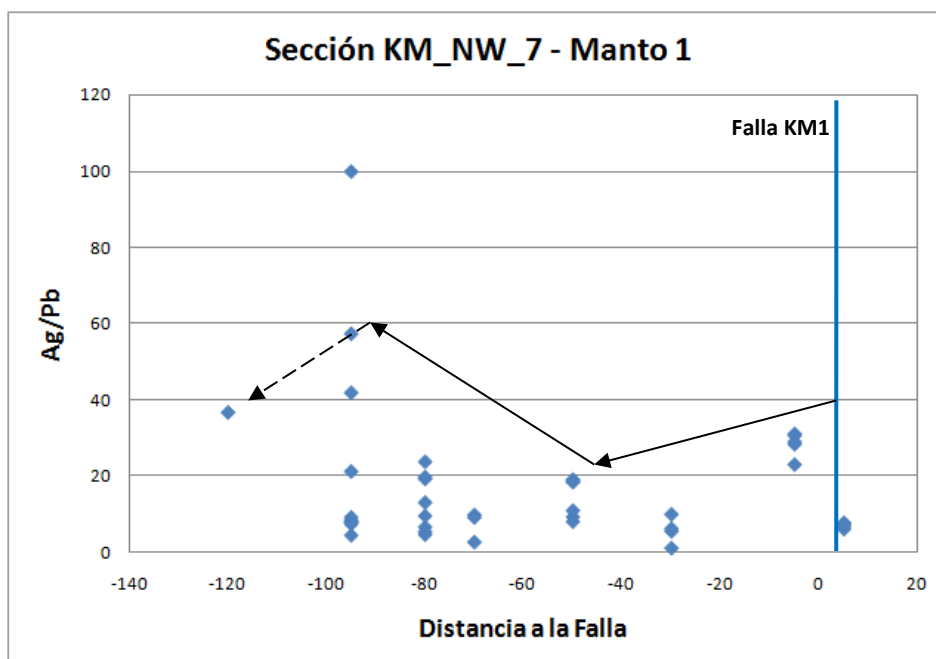


Figura 6.3: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla 1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_7.

Para el Manto 2 se observa que al alejarse de la Falla KM1 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 50 metros de distancia y toma una tendencia creciente formando un pico a los 90 metros de distancia para volver a

decrecer (Figura 6.4). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb (Figura 6.5).

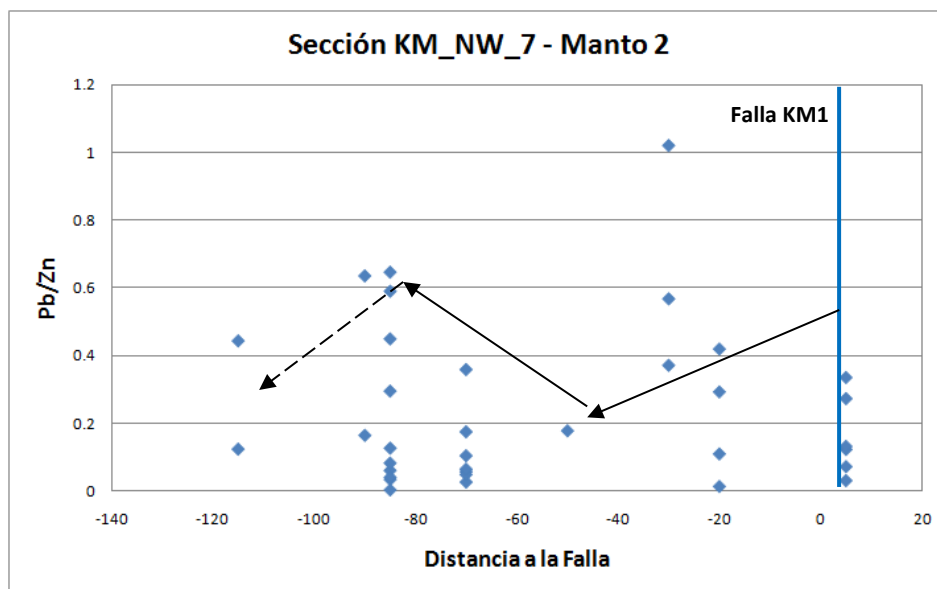


Figura 6.4: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_7.

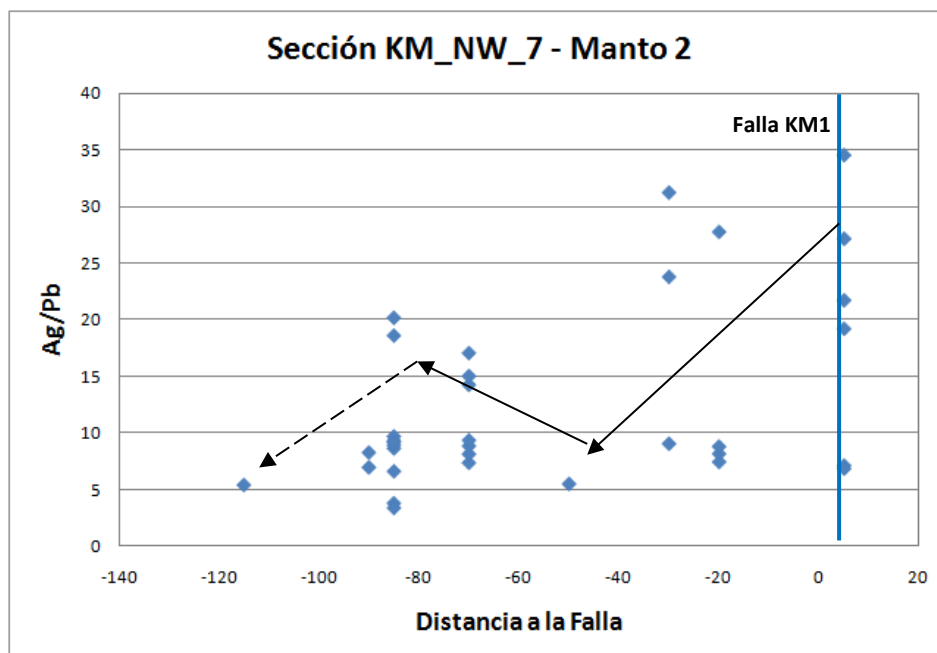


Figura 6.5: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla 1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_7.

6.1.2 Sección KM_NW_9

En esta sección se definieron dos mantos continuos entre las fallas KM1 y KM2 los que fueron analizados para conocer si la falla KM1 puede ser definida como falla alimentadora (Figura 6.6).

Se hicieron los cálculos empleando valores de Zn, Pb y Ag de tramos muestreados en diecinueve sondajes que definen los mantos. Las muestras corresponden a aquellas clasificadas como "Sulfuro" y "Mixto" por su contenido relativo de sulfuros y óxidos. No se calcularon ratios con otros elementos por no tener disponibles análisis completos de taladros antiguos.

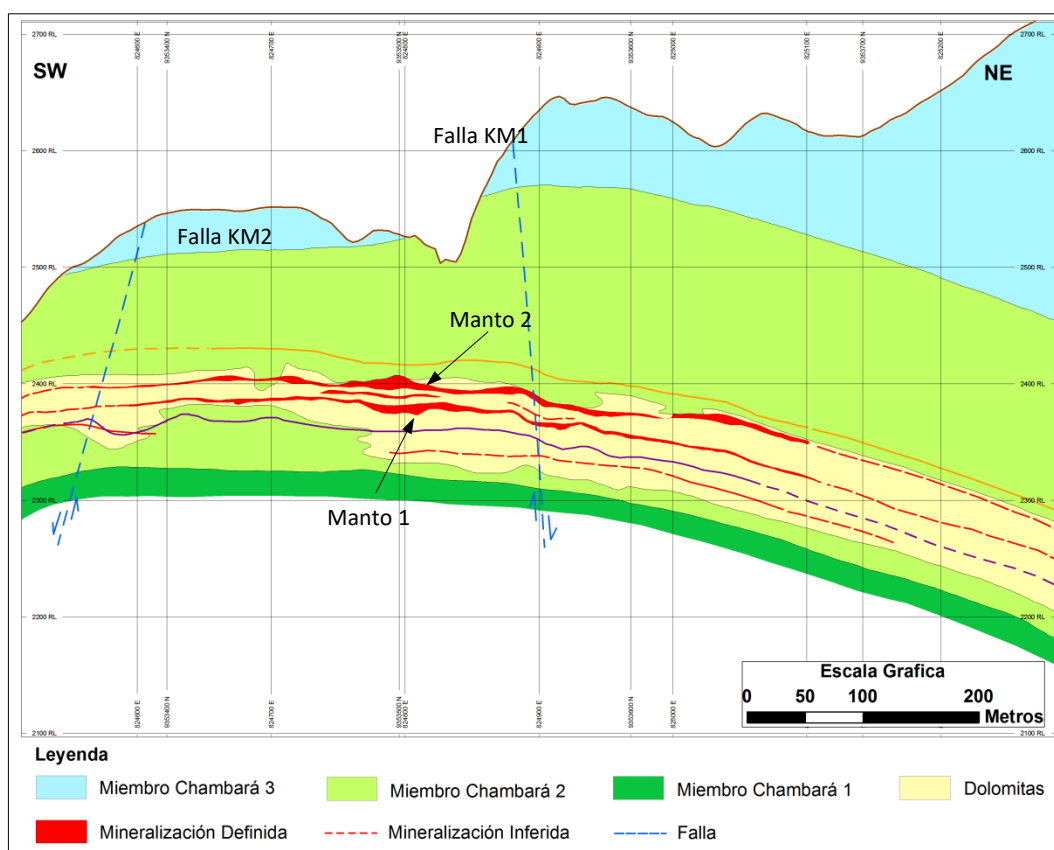


Figura 6.6: Sección Interpretativa KM_NW_9.

Para el Manto 1 se observa que al alejarse de la Falla KM1 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 250 metros de (Figura 6.7). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb (Figura 6.8).

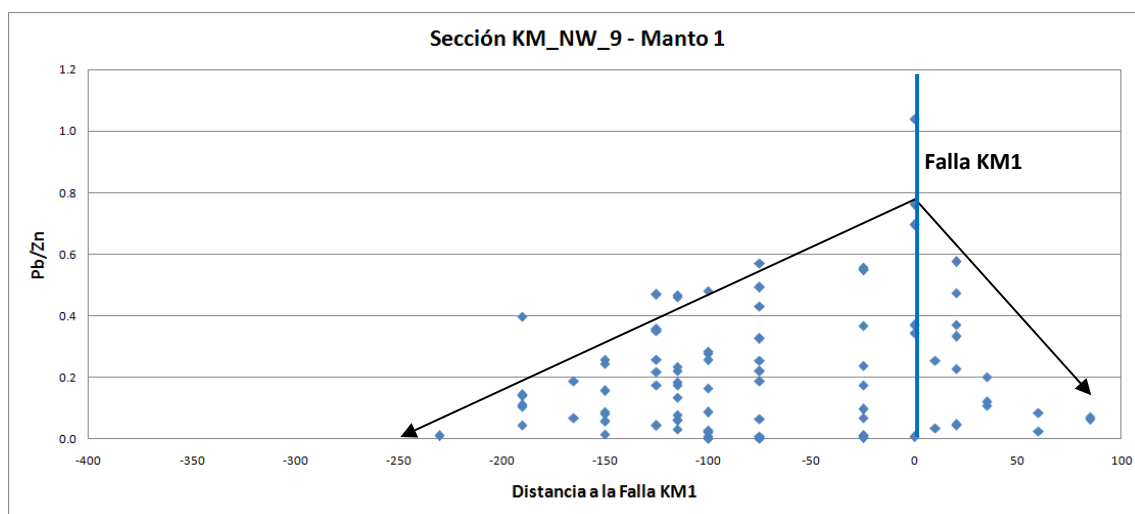


Figura 6.7: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_9.

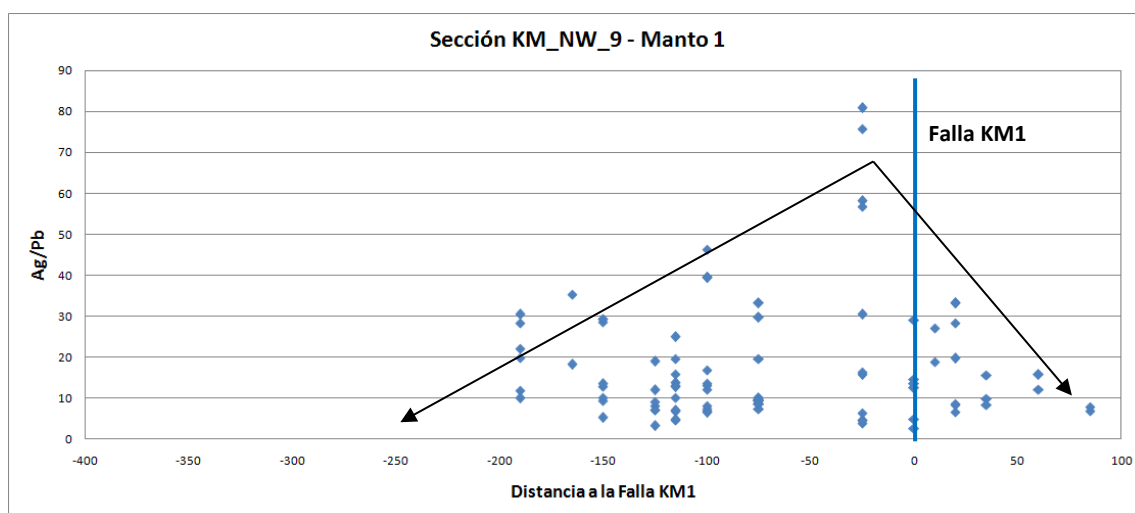


Figura 6.8: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_9.

Para el Manto 2 se observa que al alejarse de la Falla KM1 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 50 metros de distancia y toma una tendencia creciente formando un pico a los 125 metros de distancia para volver a decrecer (Figura 6.9). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb con un pico creciente a los 275 metros (Figura 6.10).

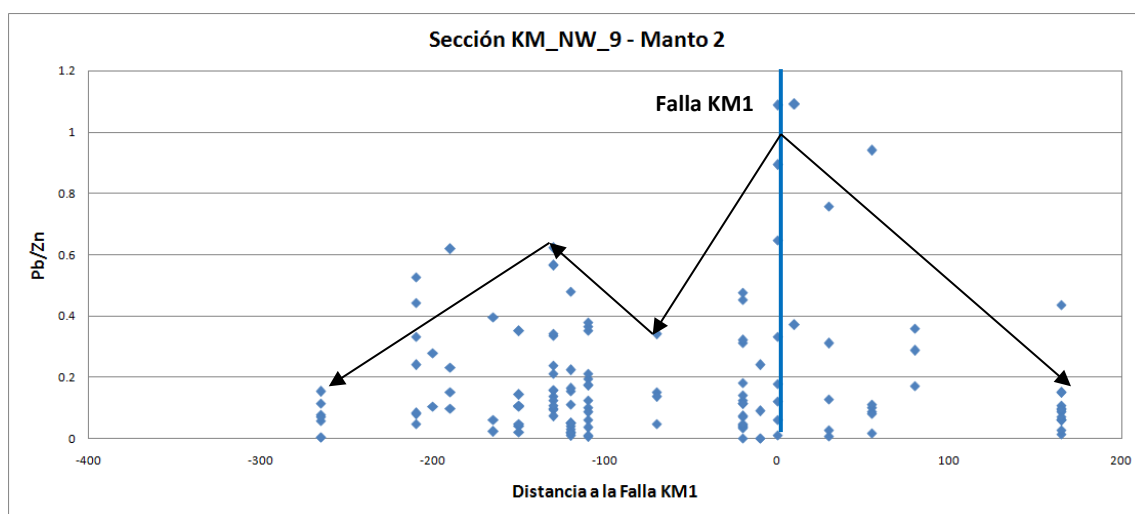


Figura 6.9: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_9.

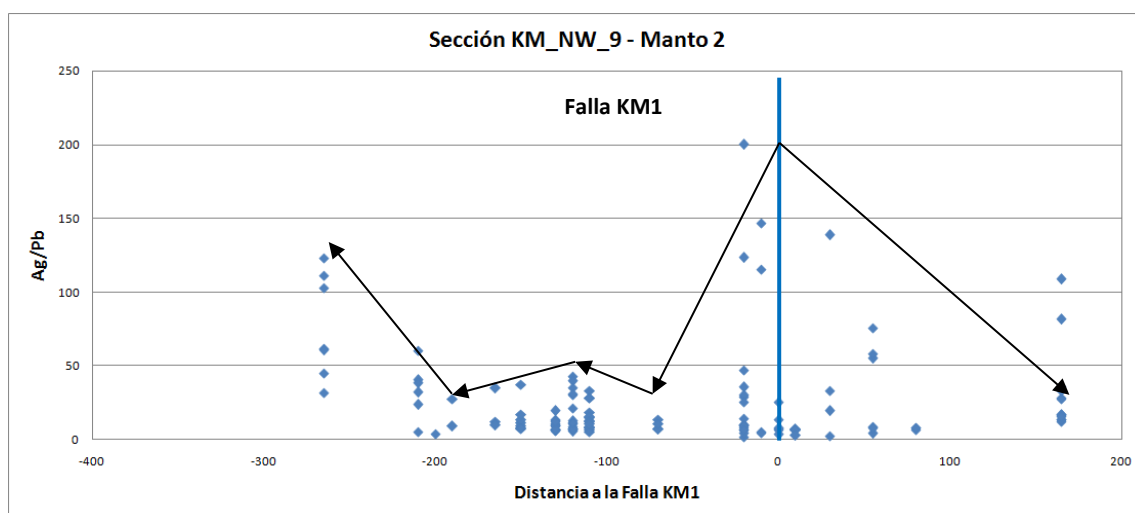


Figura 6.10: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_9.

6.1.3 Sección KM_NW_13

En esta sección se definió un manto continuo entre las fallas KM2 y KM3 que fue analizado para conocer si ambas fallas o una sola de ellas puede ser definida como falla alimentadora (Fig. 6.11).

Se hicieron los cálculos empleando valores de Zn, Pb y Ag de tramos muestreados en cuatro sondajes que definen los mantos. Las muestras corresponden a aquellas clasificadas como “Sulfuro” y “Mixto” por su contenido relativo de sulfuros y óxidos. No se calcularon ratios con otros elementos por no tener disponibles análisis completos de taladros antiguos.

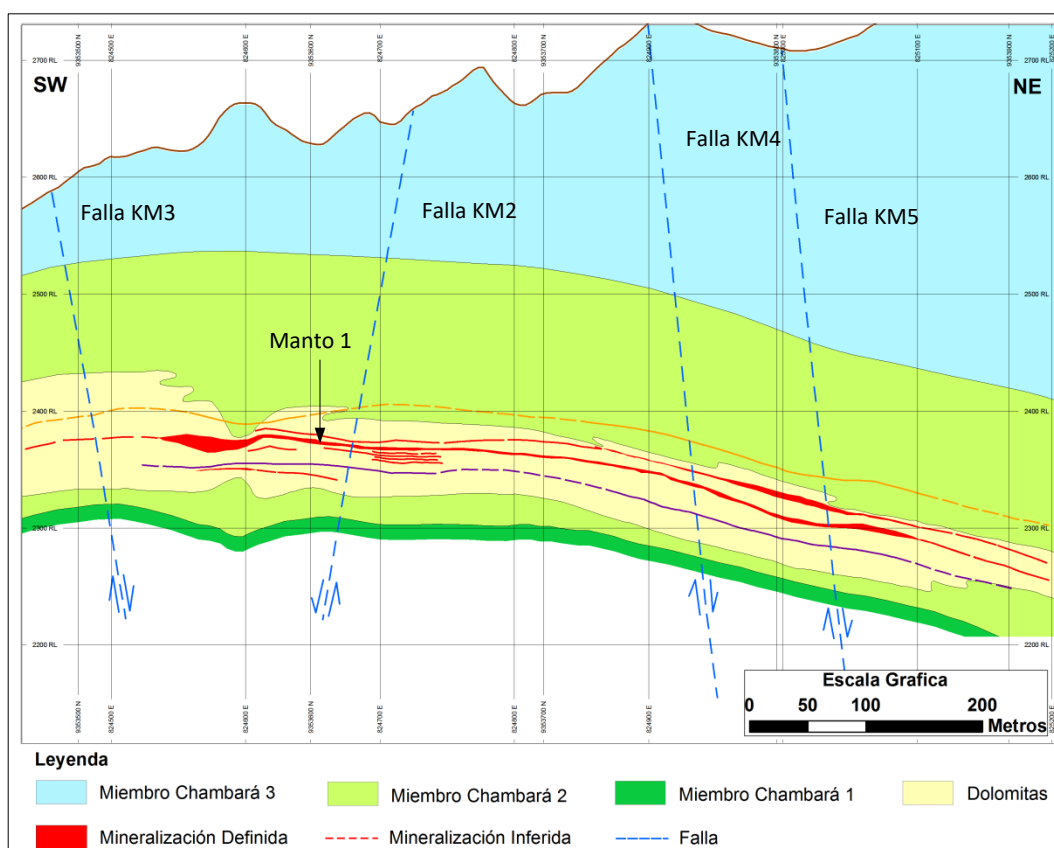


Figura 6.11: Sección Interpretativa KM_NW_13.

Para el Manto 1 se observa que al alejarse de la Falla KM2 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 80 metros de distancia y toma una tendencia creciente formando un ligero pico a los 125 metros de distancia de la Falla KM2 y a 95 metros de la Falla KM3 (Figura 6.12). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb (Figura 6.13).

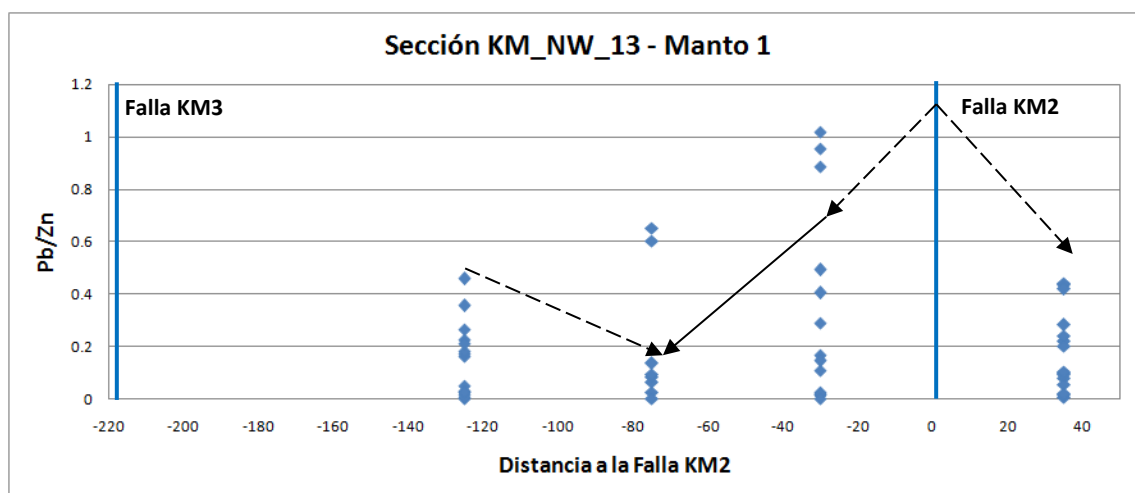


Figura 6.12: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM2 para el Manto 1 en la sección KM_NW_13.

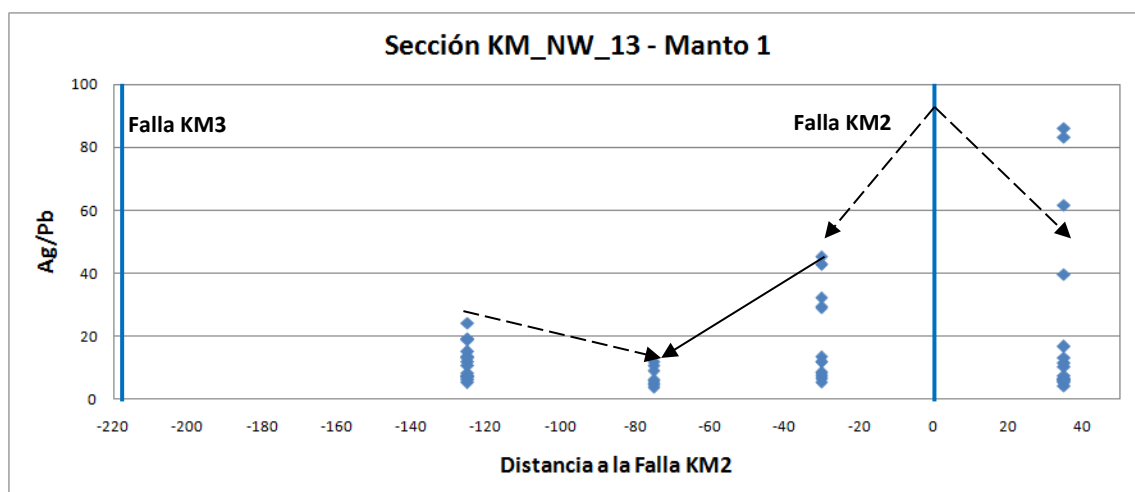


Figura 6.13: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla KM2 para el Manto 1 en la sección KM_NW_13.

6.2 Sector San Jorge

Para el estudio de este sector se utilizó la sección SJ_NW_5. En esta sección se definieron cuatro mantos principales. Los mantos 1 y 2 relacionados a la falla SJ1 y los mantos 3 y 4 relacionados a la falla SJ2 los que fueron analizados para conocer si las fallas SJ y SJ2 pueden ser definidas como fallas alimentadoras (Figura 6.14).

Se hicieron los cálculos empleando valores de Zn, Pb, Ag y Cu de tramos muestreados en ocho sondajes que definen los mantos y fallas. Las muestras corresponden a aquellas clasificadas como "Sulfuro" y "Mixto" por su contenido relativo de sulfuros y óxidos.

Para el Manto 1 se observa que al alejarse de la Falla SJ1 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 35 metros de distancia aproximadamente (Figura 6.15). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb y Cu/Zn (Figuras 6.16 y 6.17).

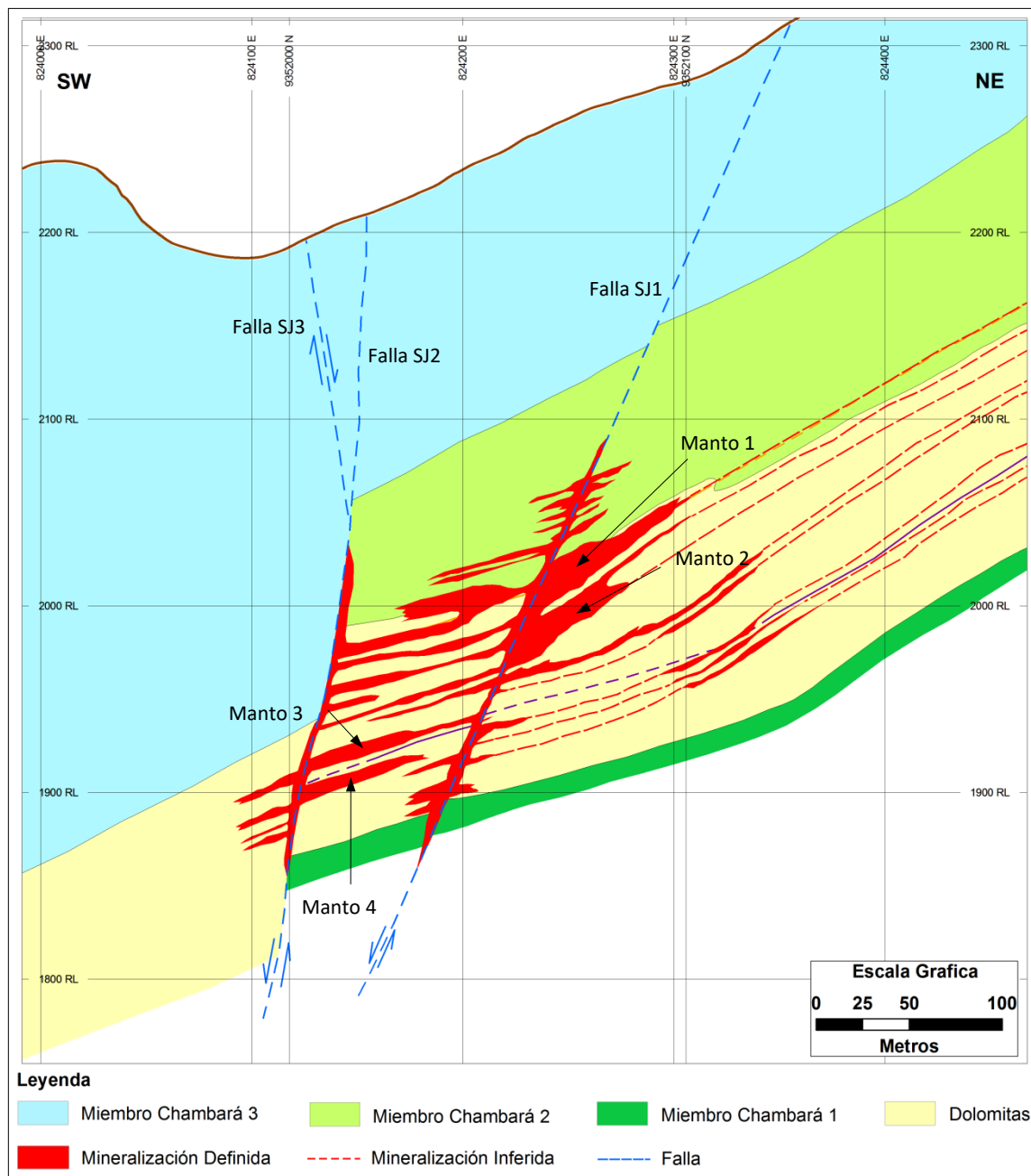


Figura 6.14: Sección Interpretativa SJ_NW_5.

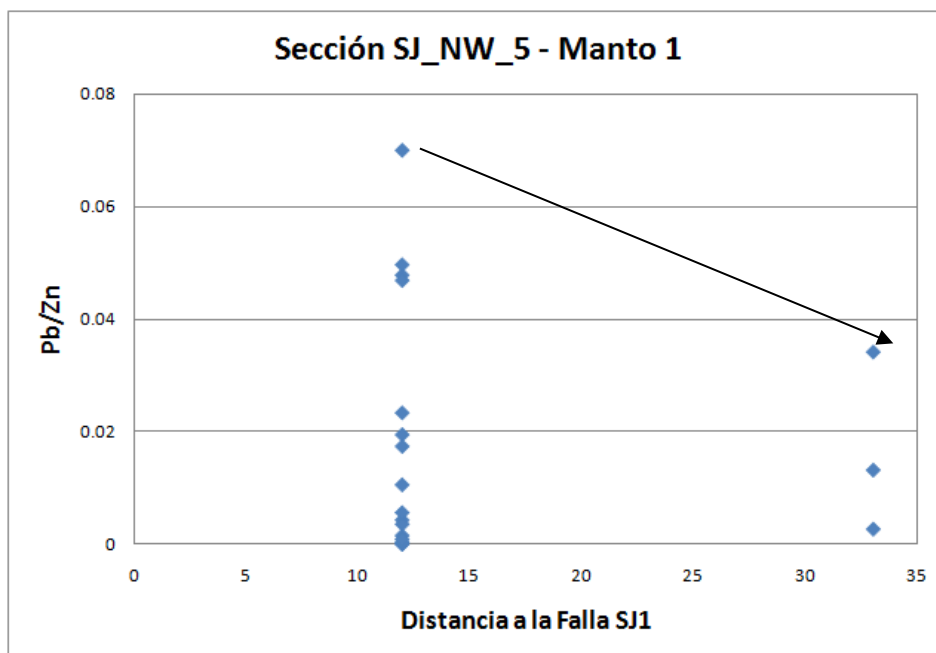


Figura 6.15: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 1 en la sección SJ_NW_5.

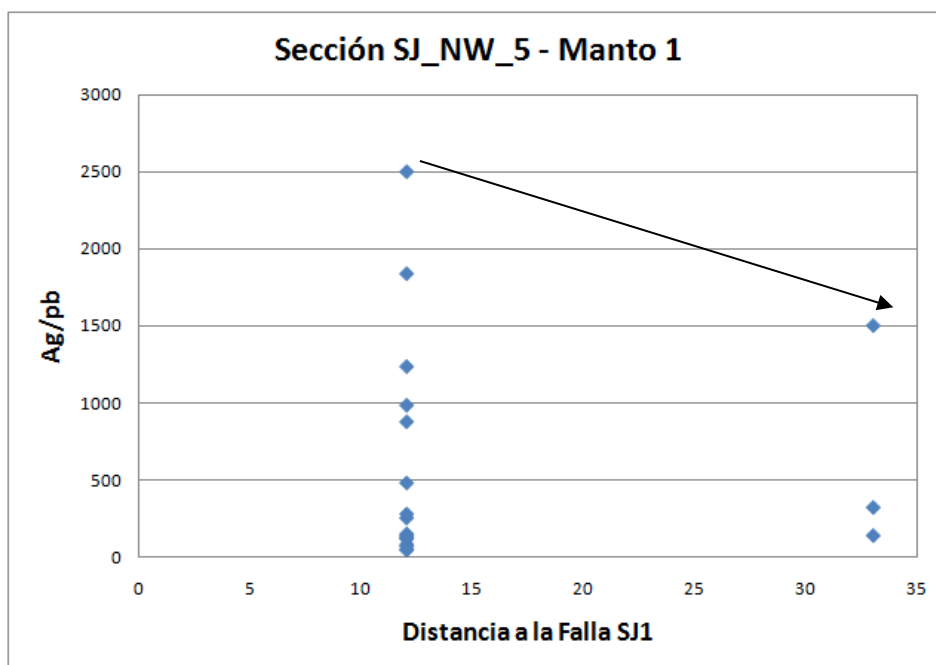


Figura 6.16: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 1 en la sección SJ_NW_5.

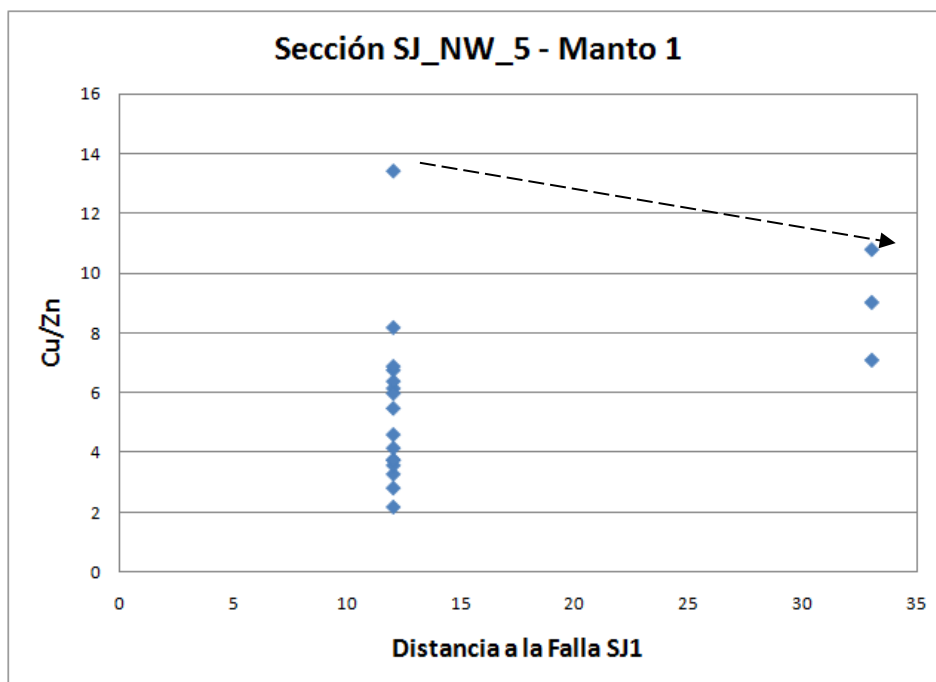


Figura 6.17: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 1 en la sección SJ_NW_5.

Para el Manto 2 se observa que al alejarse de la Falla SJ1 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 35 metros de distancia (Figura 6.18). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb y Cu/Zn (Figuras 6.19 y 6.20).

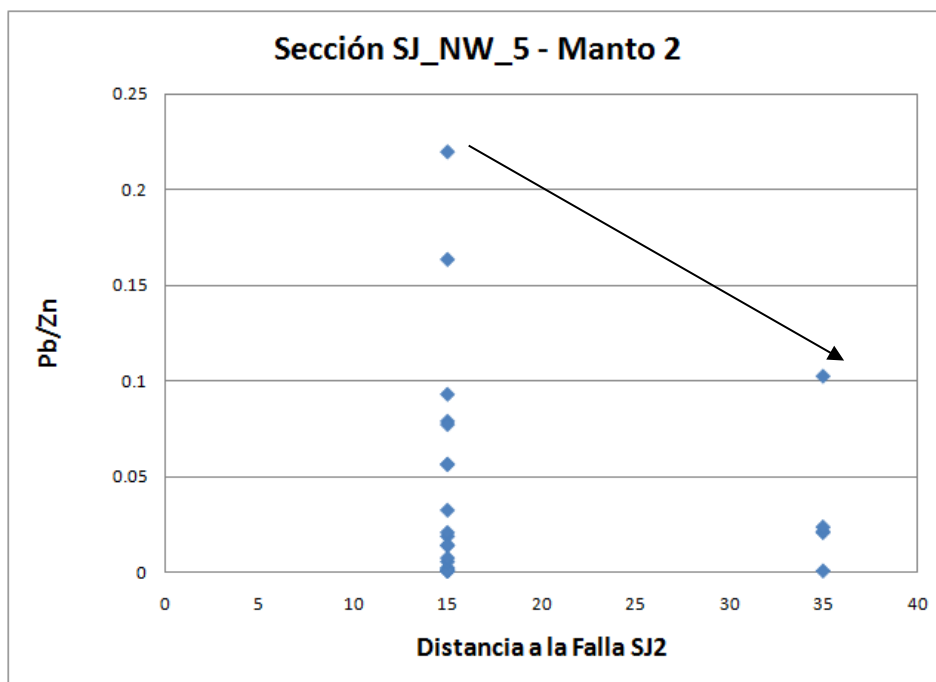


Figura 6.18: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 2 en la sección SJ_NW_5.

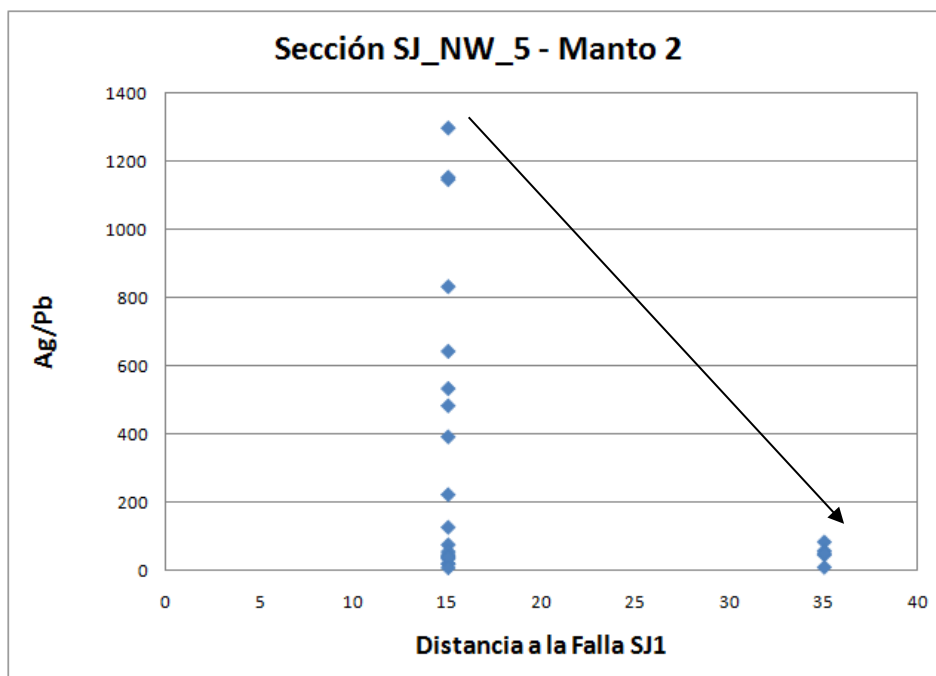


Figura 6.19: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 2 en la sección SJ_NW_5.

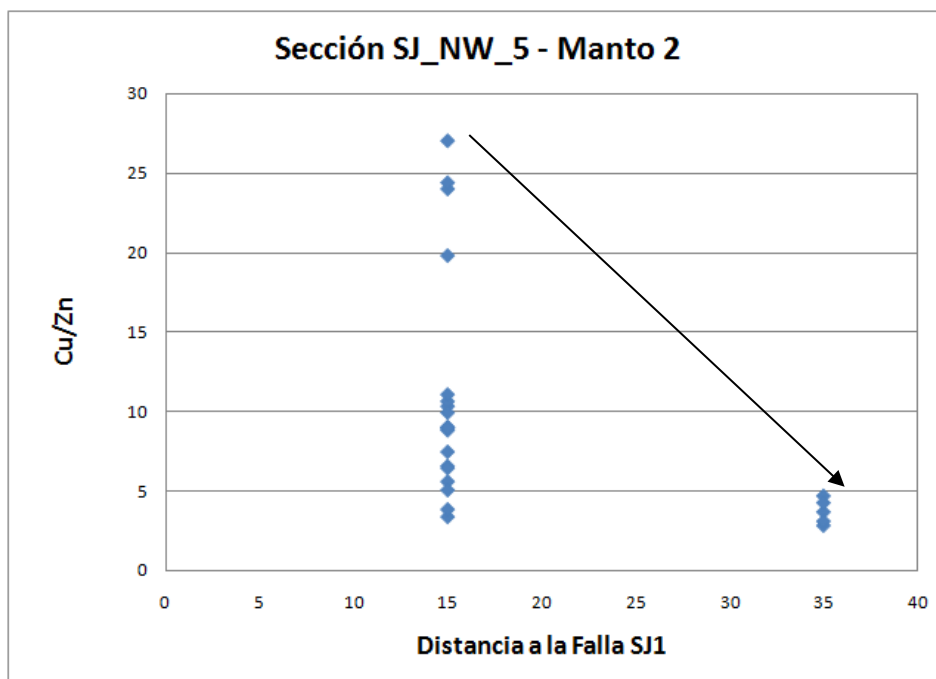


Figura 6.20: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ1 para el Manto 2 en la sección SJ_NW_5.

Para la Falla SJ1 se observa que al subir en la cota los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente (Figura 6.21). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb y Cu/Zn (Figuras 6.22 y 6.23).

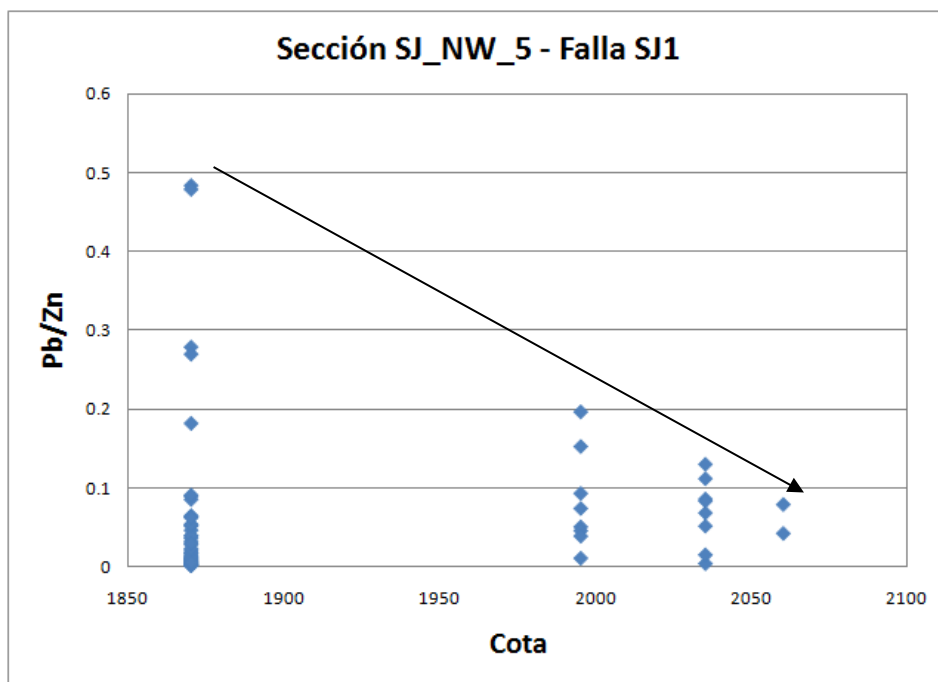


Figura 6.21: Ratio Pb/Zn versus cota para la Falla SJ1 en la sección SJ_NW_5.

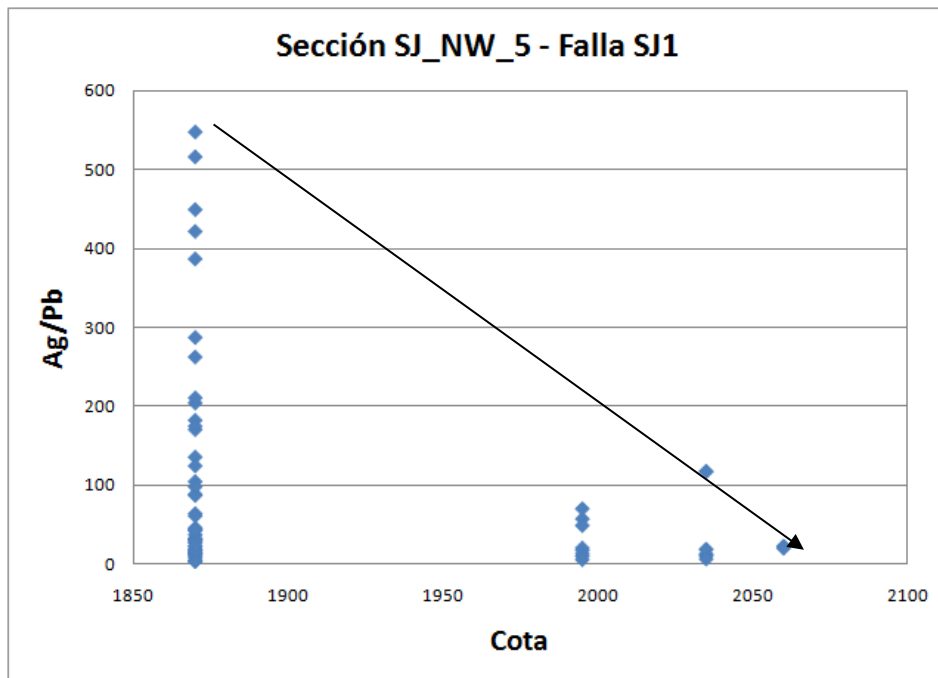


Figura 6.22: Ratio Ag/Pb versus cota para la Falla SJ1 en la sección SJ_NW_5.

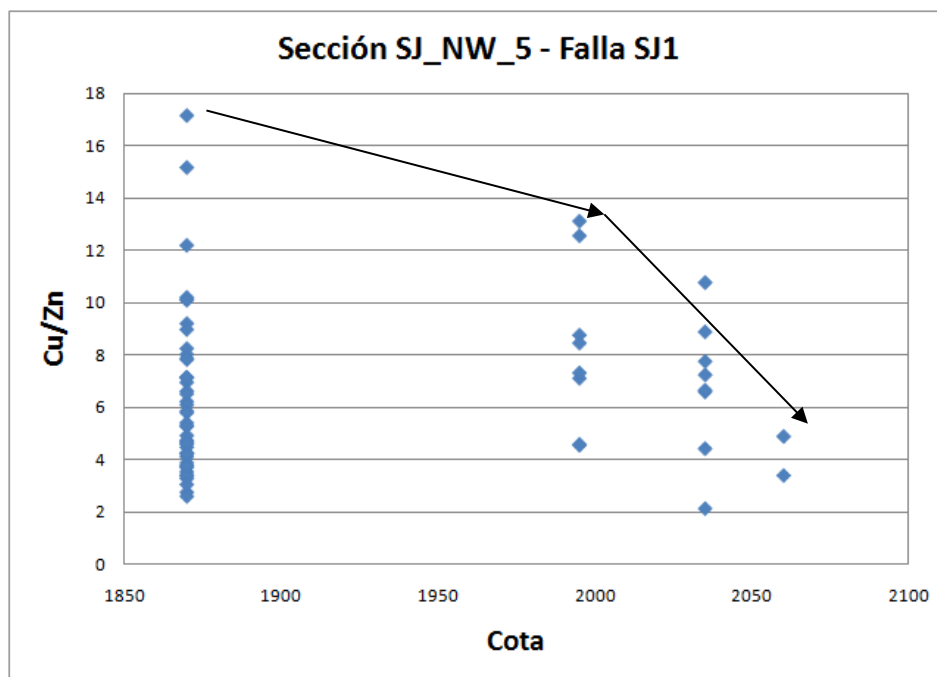


Figura 6.23: Ratio Cu/Zn versus cota para la Falla SJ1 en la sección SJ_NW_5.

Para el Manto 3 se observa que al alejarse de la Falla SJ2 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los 50 metros de distancia (Figura 6.24). Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb y un comportamiento creciente para los ratios Cu/Zn (Figura 6.25 y 6.26).

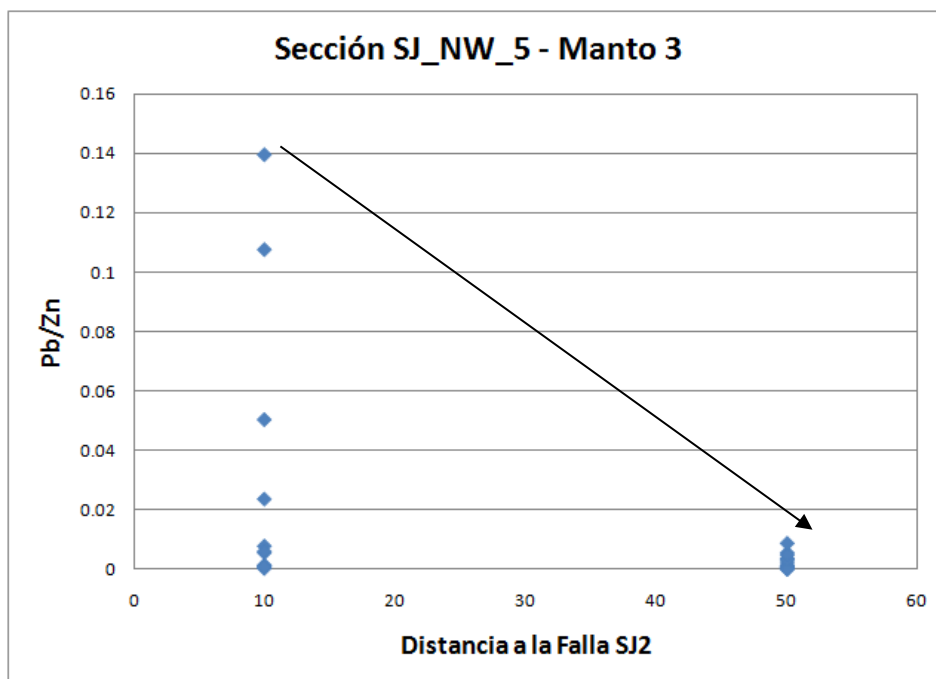


Figura 6.24: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 3 en la sección SJ_NW_5.

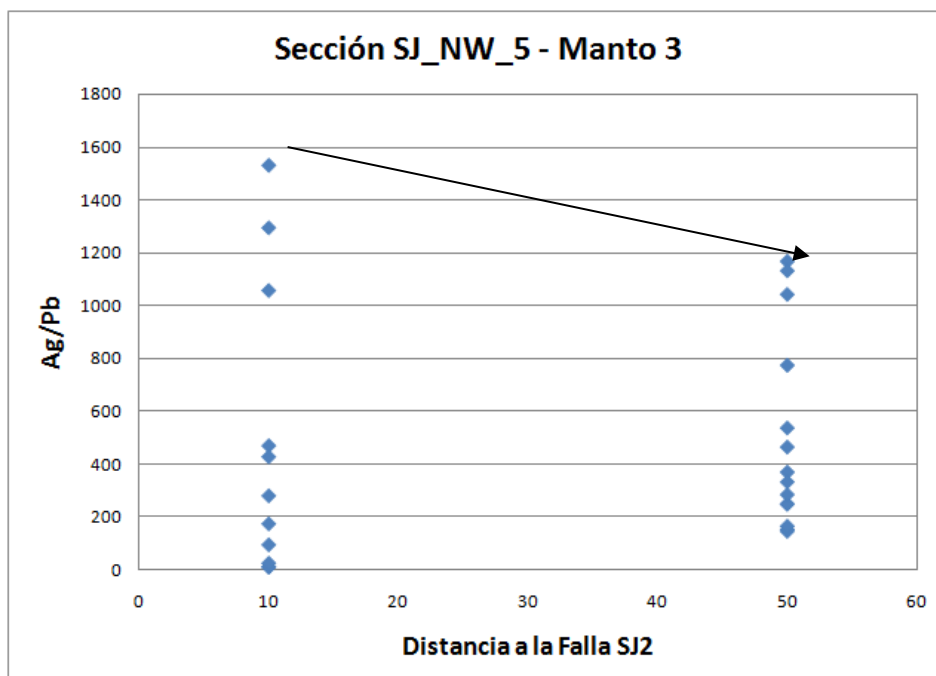


Figura 6.25: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 3 en la sección SJ_NW_5.

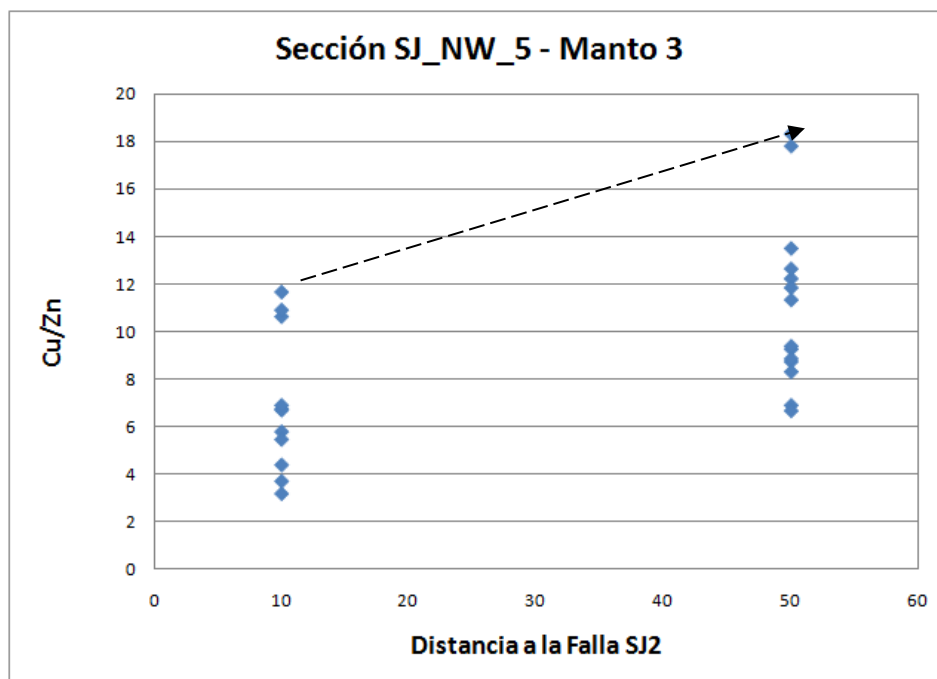


Figura 6.26: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 3 en la sección SJ_NW_5.

Para el Manto 4 se observa que al alejarse de la Falla SJ2 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los diez metros de distancia (Figura 6.27) con un pico creciente a los cincuenta metros de distancia. Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb y Cu/Zn (Figura 6.28 y 6.29).

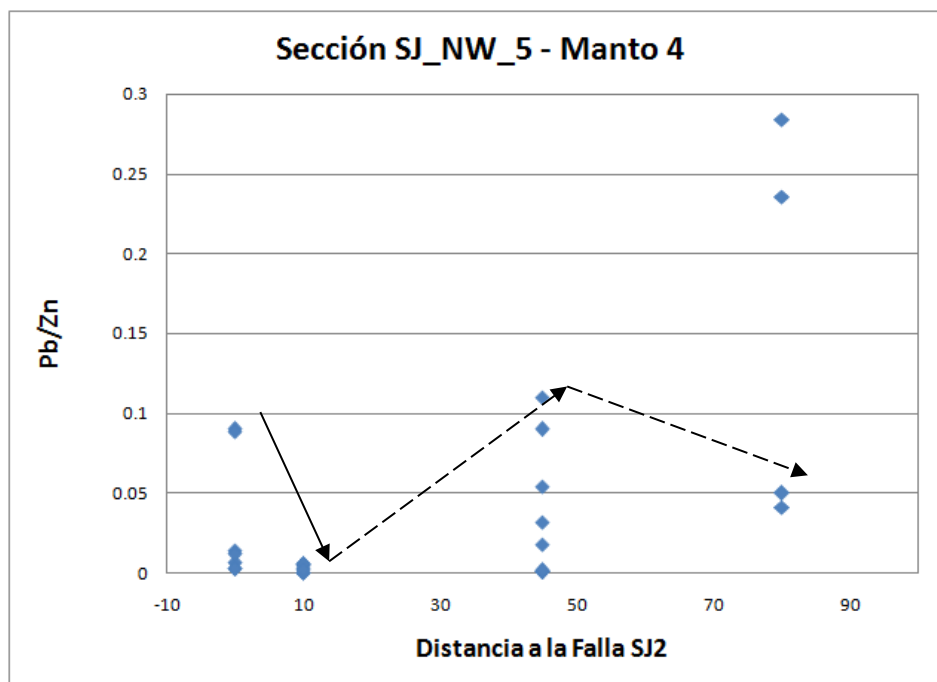


Figura 6.27: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 4 en la sección SJ_NW_5.

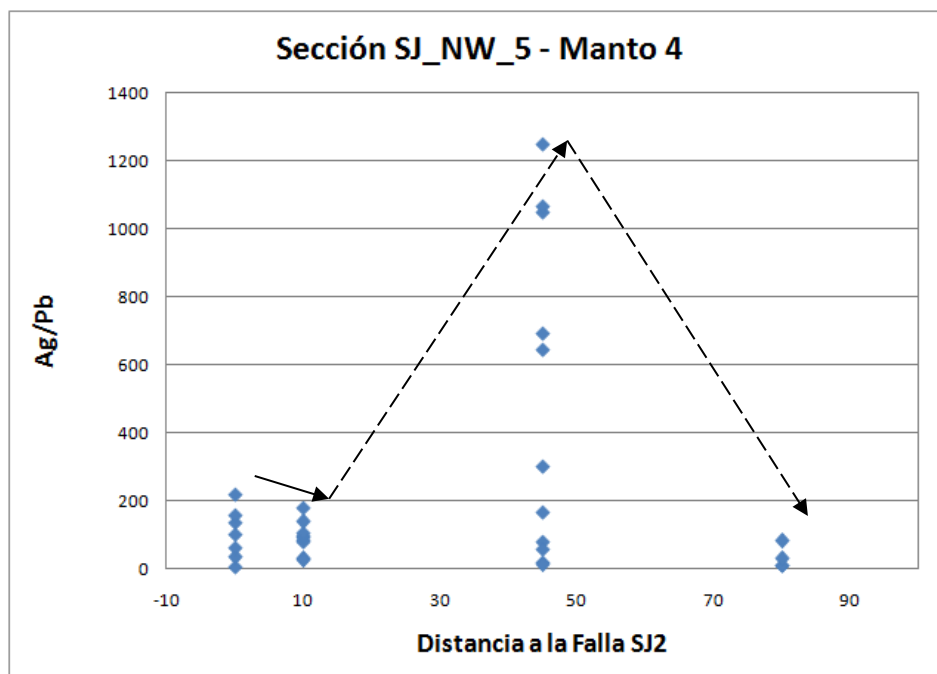


Figura 6.28: Ratio Ag/Pb versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 4 en la sección SJ_NW_5.

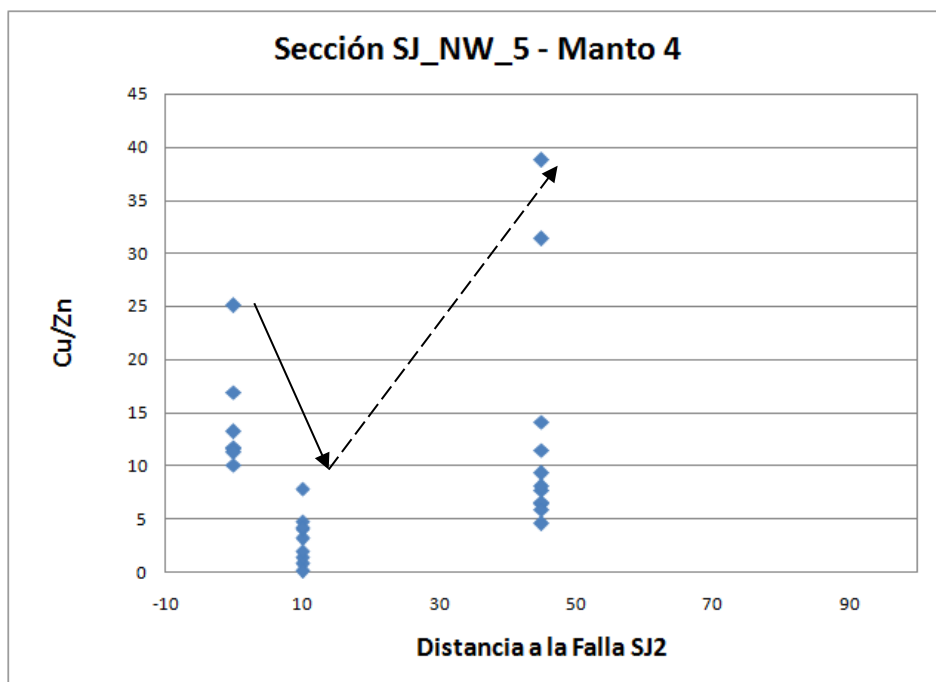


Figura 6.29: Ratio Cu/Zn versus Distancia a la Falla SJ2 para el Manto 4 en la sección SJ_NW_5.

Para la Falla SJ2 se observa que al subir en la cota los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia creciente (Figura 6.30). Para los ratios Ag/Pb y Cu/Zn se observa una tendencia decreciente al subir en la cota (Figuras 6.31 y 6.32).

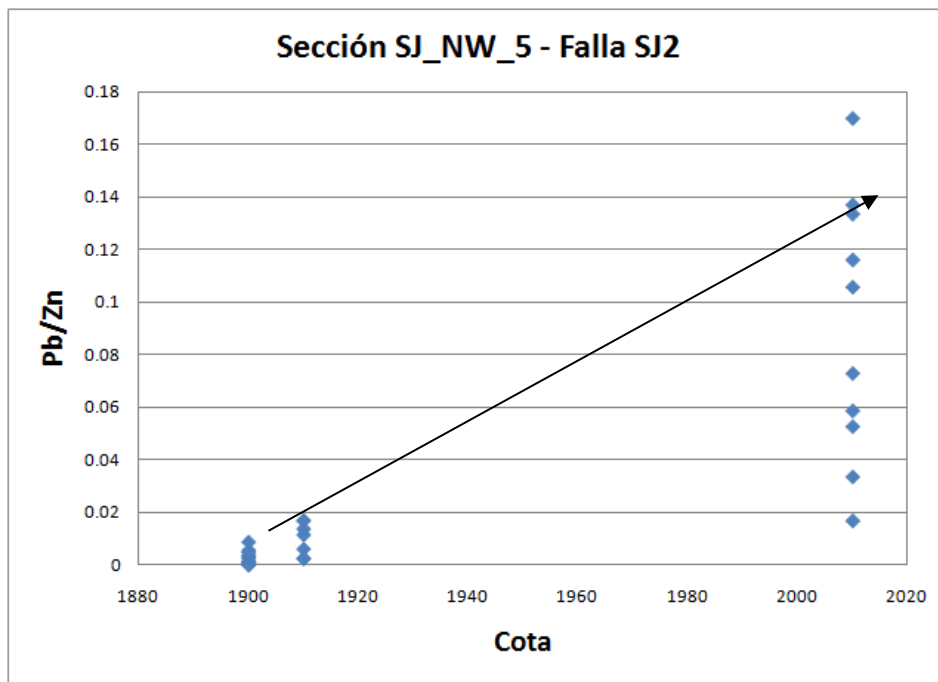


Figura 6.30: Ratio Pb/Zn versus cota para la Falla SJ2 en la sección SJ_NW_5.

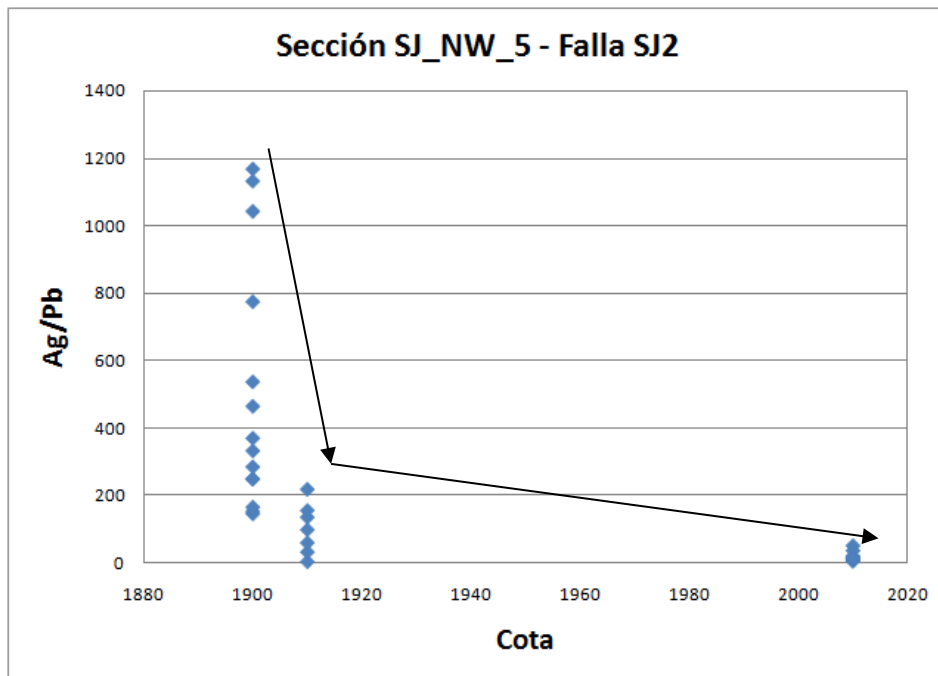


Figura 6.31: Ratio Ag/Pb versus cota para la Falla SJ2 en la sección SJ_NW_5.

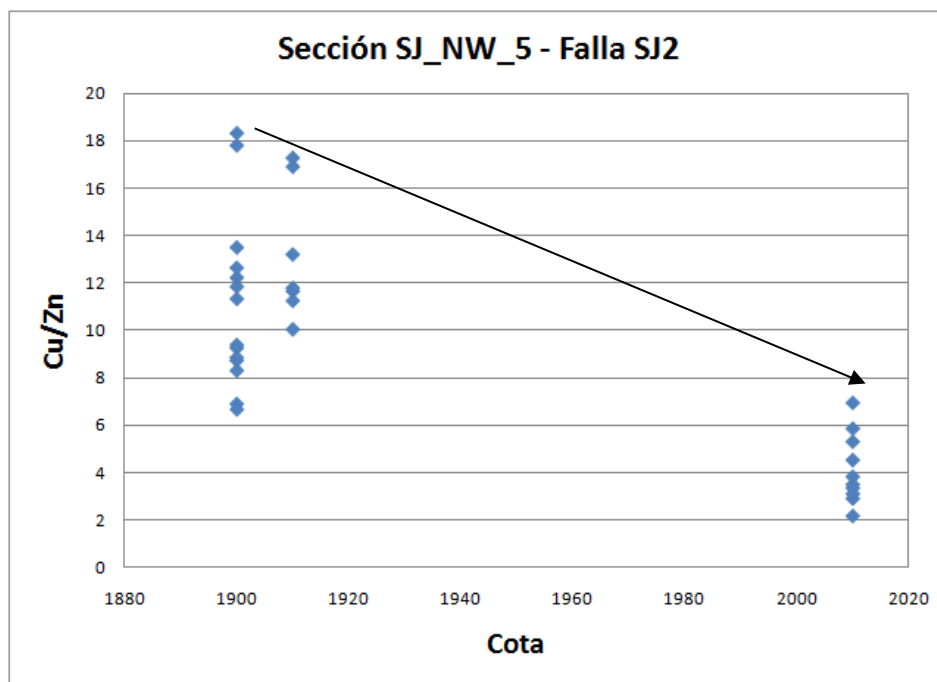


Figura 6.32: Ratio Cu/Zn versus cota para la Falla SJ2 en la sección SJ_NW_5.

CAPITULO VII

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

7.1 Sector Karen Milagros

7.1.1 Sección KM_NW_7

Tanto en los Mantos 1 y 2 los valores de Pb/Zn y Ag/Pb mantienen una tendencia decreciente hasta los cincuenta metros de la falla KM1 lo que concuerda con el marco teórico propuesto. Este comportamiento nos indica el comportamiento de la falla como conducto alimentador de fluidos mineralizantes para la formación de ambos mantos.

Por otra parte, la tendencia creciente hacia los ochenta y cien metros se puede interpretar como efecto de la presencia de una falla no identificada. En ese sentido, la presencia de pirita masiva en los sondajes que cortan esta porción del manto así como su grado de fracturamiento de moderado a intenso y valores moderados de oxidación en las muestras del tipo "mixto" (Figura 7.1) son indicadores de la presencia de la posible falla. Se requiere más información estructural y estudios de inclusiones fluidas e isótopos para poder afirmar lo expuesto anteriormente.

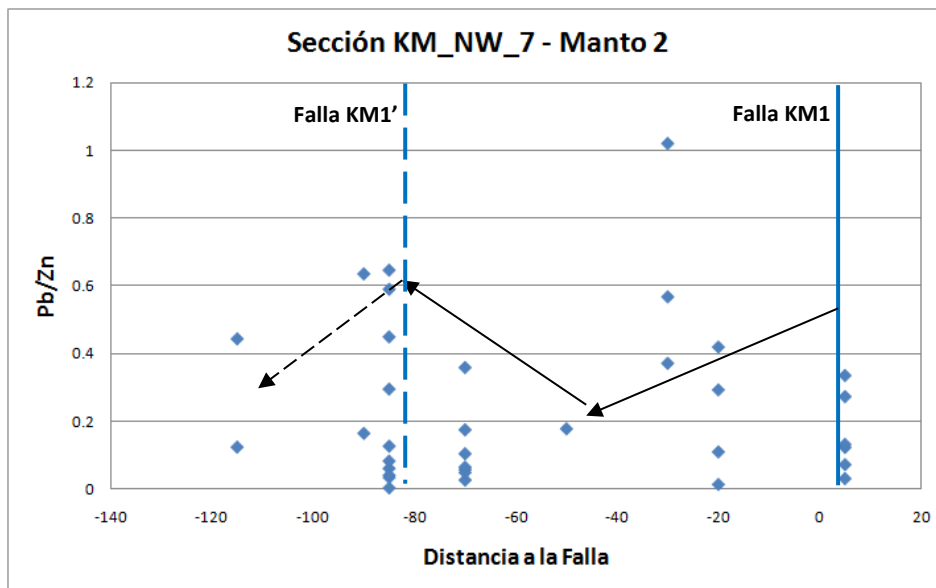


Figura 7.1: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_7. Se ha inferido una falla no identificada, denominada KM1' en la zona correspondiente al pico creciente entre los ochenta y cien metros de distancia a la Falla KM1.

7.1.2 Sección KM_NW_9

Para el Manto 1 los valores de Pb/Zn y Ag/Pb mantienen una tendencia decreciente hasta los doscientos metros de la falla KM1 lo que concuerda con el marco teórico propuesto. Este comportamiento nos indica el comportamiento de la falla como conducto alimentador de fluidos mineralizantes para la formación de ambos mantos (Figura 7.2).

El Manto 2, si bien presenta una tendencia decreciente en los valores de Pb/Zn y Ag/Pb a medida que nos alejamos de la Falla KM1, muestra una pico creciente entre los cien y ciento veinte metros de distancia de la mencionada falla. La tendencia creciente no hace inferir que la denominada Falla KM1' en este manto, generando el pico creciente. Esta idea se corrobora con la presencia de pirita masiva en los sondajes que cortan esta porción del manto así como su grado de fracturamiento de

moderado a intenso y valores moderados de oxidación en las muestras del tipo “mixto” (Figura 7.3).

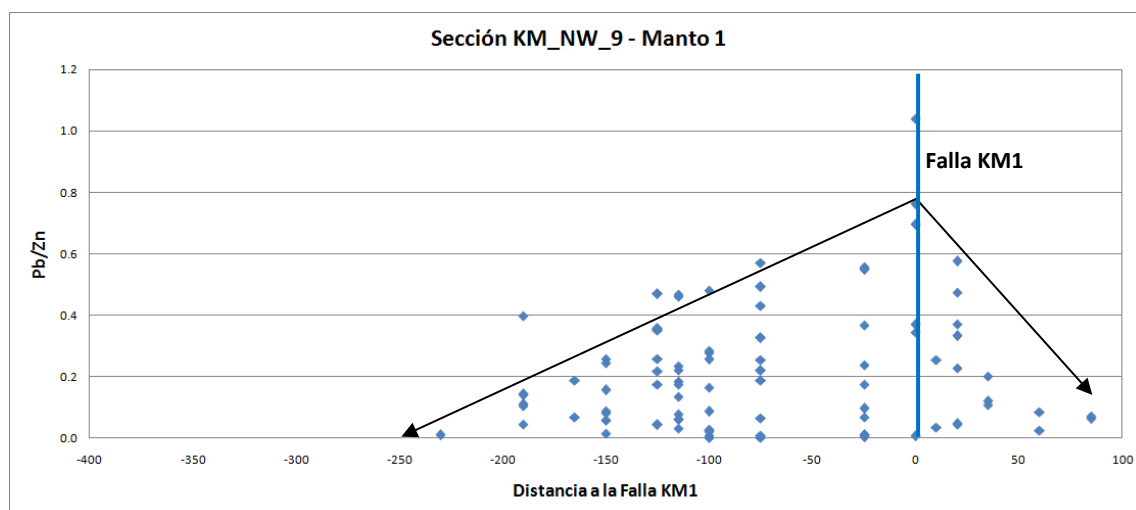


Figura 7.2: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 1 en la sección KM_NW_9.

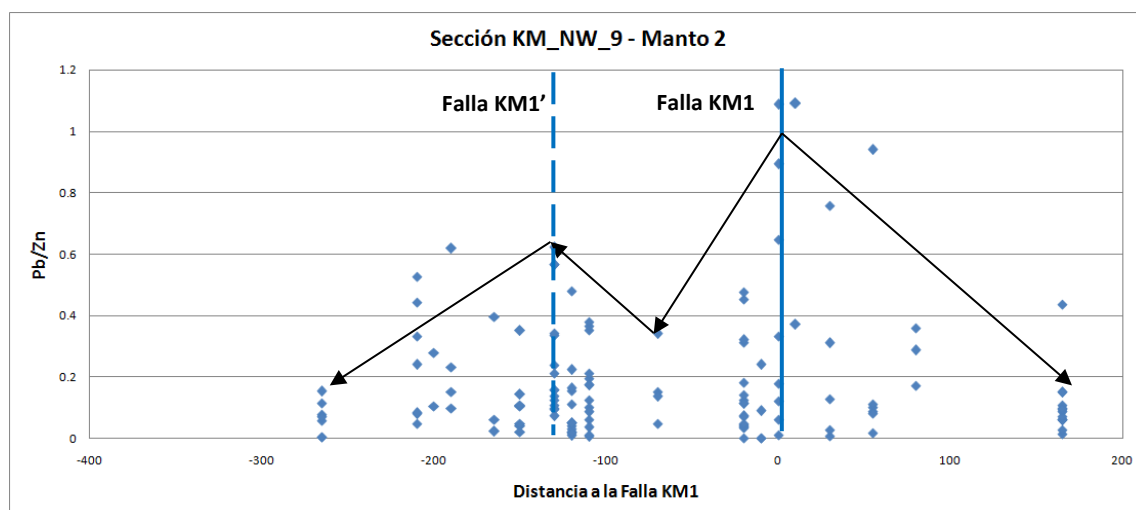


Figura 7.3: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM1 para el Manto 2 en la sección KM_NW_9. Se ha inferido una la influencia de una posible falla no identificada, denominada KM1' en la zona correspondiente al pico creciente entre los cien y ciento veinte metros de distancia a la Falla KM1.

7.1.3 Sección KM_NW_13

Para esta sección sólo se definió el Manto 1 cuyos valores de Pb/Zn y Ag/Pb mantienen una tendencia decreciente hasta los sesenta metros de la falla KM2 lo que concuerda con el marco teórico propuesto lo que nos indica el comportamiento de la falla como conducto alimentador de fluidos mineralizantes para la formación de dicho manto.

También se observa un pico creciente hacia los ciento veinte metros de la falla KM2 y a cien metros de la falla KM3. Esto se interpreta como una posible falla no identificada o como efecto de influencia de la falla KM3. Hace falta mayor información para definir estas propuestas (Figura 7.4).

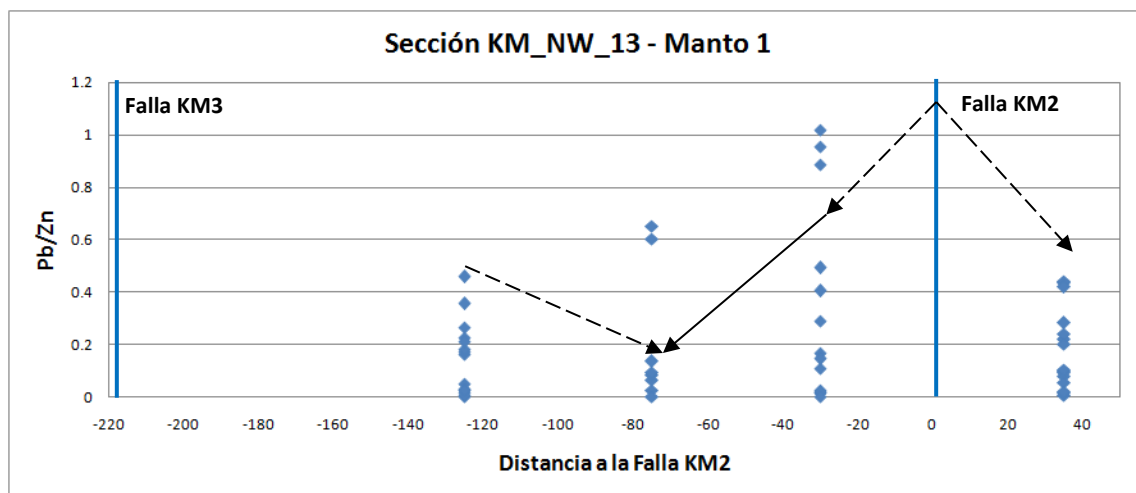


Figura 7.4: Ratio Pb/Zn versus Distancia a la Falla KM2 para el Manto 1 en la sección KM_NW_13. Se ha puede inferir la influencia de una posible falla no identificada, denominada KM2' o la influencia de la falla KM3 en la zona correspondiente al pico creciente entre los ciento veinticinco y ciento treinta metros de distancia a la Falla KM2.

7.2 Sector San Jorge

La sección SJ_NW_5 muestra que tanto en los Mantos 1 y 2 los valores de Pb/Zn y Ag/Pb mantienen una tendencia decreciente hasta los cincuenta metros de la falla SJ1 lo que concuerda con el marco teórico propuesto. Además de una aparente tendencia decreciente para los valores de Cu/Zn. Este comportamiento nos indica el comportamiento de la falla como conducto alimentador de fluidos mineralizantes para la formación de ambos mantos (Figuras 6.15 a 6.20).

Para la Falla SJ1 los valores de Pb/Zn, Ag/Pb y Cu/Zn tienen una tendencia decreciente a medida que subimos en la cota. Esto concuerda con lo esperado en el marco teórico y define a la Falla SJ1 como una falla alimentadora que ha sido responsable de la generación de los Mantos 1 y 2 (Figuras 6.21, 6.22 y 6.23).

Para el Manto 3 se observa una tendencia decreciente para los valores de Pb/Zn y Ag/Pb (Figuras 6.24 y 6.25), no así para los valores de Cu/Zn (Figura 6.26). A pesar de la tendencia creciente de los valores Cu/Zn podemos afirmar que este comportamiento concuerda con el marco teórico ya que el Cu no es un elemento determinante en este caso.

Para el Manto 4 se observa que al alejarse de la Falla SJ2 los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia decreciente hasta los diez metros de distancia (Figura 6.27) con un pico creciente a los cincuenta metros de distancia. Se observa un comportamiento similar con los ratios Ag/Pb y Cu/Zn (Figuras 6.28 y 6.29). Esto se interpreta como un comportamiento inicial concordante con lo establecido en el marco teórico y que varía a un comportamiento creciente a los cincuenta metros por influencia de una posible falla menor que no afecta al manto inferior.

La Falla SJ2 muestra que al subir en la cota los valores de ratio Pb/Zn muestran una tendencia creciente (Figura 6.30). Contraria a lo esperado sin embargo los ratios Ag/Pb y Cu/Zn muestran una tendencia decreciente al subir en la cota (Figuras 6.31 y 6.32). A pesar de la supuesta contradicción del comportamiento de los ratios Pb/Zn se define a la falla SJ2 como una falla alimentadora respaldándonos en los valores de Ag/Pb y Cu/Zn. Esto debido a que el contenido de Ag está ligado a la galena, la cual es más resistente a la oxidación conservando los valores iniciales de Ag/Pb.

CAPITULO VIII

MODELO ESQUEMÁTICO DEL DEPÓSITO

Un fluido rico en magnesio, cuya probable fuente son las rocas del Grupo Mitu, asciende por fallas y da lugar a la etapa de dolomitización. Esta primera etapa causa la disolución y colapso de la Formación Chambará lo que permite el movimiento lateral de fluidos dentro de las facies de alta energía desde las estructuras alimentadoras. Posteriormente fluidos saturados en Zinc ascienden por estructuras subverticales y siguieron los niveles favorables dentro del miembro Chambará 2 donde se dio la mineralización de Zn y Pb por la interacción de los fluidos con un ambiente reductor debido al H₂S intraformacional (Robles, Vera, Chero y Beteta, 2012).

Es de importancia para este estudio el hecho de que el movimiento de fluidos asociados con el sistema mineralizado es controlado estructuralmente. Otro factor determinante es la presencia de un horizonte poroso adecuado cubierto de una roca sello como el miembro Chambará 3 y la Formación Aramachay (Figura 8.1).

Es evidente el control litológico de determinadas capas carbonatadas en interacción con un control estructural de fallas alimentadoras de fluidos mineralizantes. El origen de estos fluidos, posiblemente ligados a procesos

diagenéticos con aporte de minerales de las rocas preexistentes y de fluidos de tipo hidrotermal, será materia de otras investigaciones.

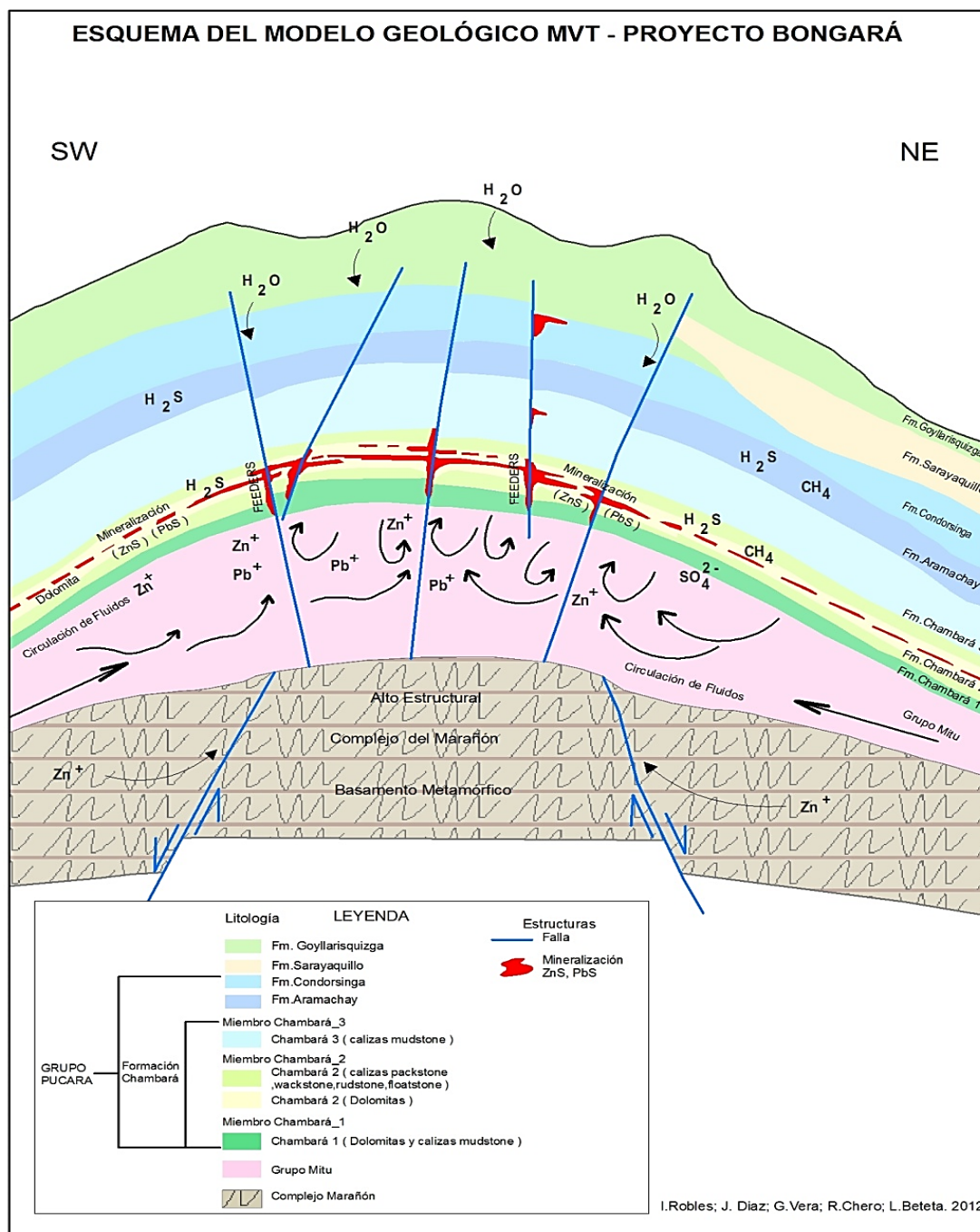


Figura 8.1: Modelo esquemático de la mineralización en el Proyecto Cañón Florida (Robles, I., Vera, G., Chero, R. y Beteta, L., 2012).

CONCLUSIONES

- El comportamiento de los ratios Pb/Zn nos ha mostrado que las fallas estudiadas son potenciales conductos alimentadores de fluidos mineralizantes y por tanto pudieron generar mantos y estructuras mineralizadas irregulares a lo largo de su geometría.
- Se ha comprobado que el uso de los ratios Ag/Pb es una buena alternativa para definir el comportamiento de los fluidos cuando las muestras tienen un contenido de óxidos que alteran el comportamiento original de los valores Pb/Zn.
- Se identificaron posibles fallas que no han sido registradas previamente y a su vez se identificó que dichas fallas también fueron alimentadoras con la posibilidad de pertenecer a segundo evento tardío de mineralización.
- Con este estudio se demuestra el carácter epigenético del depósito tipo Mississippi Valley de Cañón Florida.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio estructural más detallado para determinar el historial tectónico de las fallas así como estudios de inclusiones fluidas e isótopos para mejorar el entendimiento del sistema según lo que sugiere lo evidenciado en el presente estudio.
- Realizar el análisis del comportamiento de los ratios Pb/Zn en secciones de distintas orientaciones para determinar el comportamiento espacial de los fluidos relacionados a las fallas mineralizadas con mayor amplitud.
- Se debe tener en cuenta el comportamiento de los ratios Pb/Zn, y otros, en el modelamiento geológico así como la elaboración de un modelo de ratios en tres dimensiones para la vectorización de la fuente de fluidos mineralizantes y un mejor entendimiento del sistema.
- Efectuar el análisis del comportamiento de los ratios Pb/Zn, en muestras superficiales de roca o trincheras a fin de identificar vectores de mineralización en tipos de depósitos donde se tenga una zonación geoquímica conocida a fin de orientar y definir mejor el blanco a explorar.

BIBLIOGRAFIA

1. **Chapman, L. (1999).** Geology and genesis of the George Fisher Zn-Pb-Ag deposit, Mount Isa, Australia: Unpublished Ph. D. Thesis, Townsville, Australia, James Cook University, 315 p.
2. **Emsbo, P., (2000).** Gold in Sedex deposits: Society of Economic Geologists Reviews, v. 13, p. 427–437.
3. **Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET (1995).** Geología del Perú; Boletín N° 55 Serie A, Carta Geológica Nacional.
4. **Jennks W. F. (1951).** Triassic to Tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco. Geological Society of America. Bulletin Vol. 62.
5. **Large, R., Bull, S., McGoldrick, P., Walters, S., Derrick, G. and Carr, G. (2005).** Stratiform and Strata-Bound Zn-Pb-Ag Deposits in Proterozoic Sedimentary Basins, Northern Australia. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume, pp. 931-863.
6. **Leach, D. (2012).** Florida Canyon Preliminary Report. Reporte interno para Votorantim Metais – Cajamarquilla S.A.
7. **Leach, D. Bradley, D., Huston, D., Pisarevsky, S., Taylor, R. and Gardoll, S. (2010).** Sediment-Hosted Lead-Zinc Deposits in Earth History. Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v. 105, pp. 593–625.
8. **Leach, D., Taylor, R.D., Fey, D.L. Diehl, S.F., and Saltus, R.W. (2010).** A deposit model for Mississippi Valley-type lead-zinc ores. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070.

9. **McLaughlin, D. (1924).** The geology and physiography of the Peruvian Cordillera, Department of Junin and Lima. Geological Society of America. Bulletin Vol. 35, 1pl. p 591-632.
10. **Megard F. (1979).** Estudio Geológico de los Andes del Perú Central - INGEMMET Boletín N°. 8 Serie D, 227p.
11. **Myers J. (1980).** Geología de los cuadrángulos de Huarmey y Huayllapampa - INGEMMET Boletín N° 33 Serie A. Carta Geológica Nacional.
12. **Reid, J. (2001).** Stratigraphy and Mineralization of the Bongara MVT Zinc-Lead district, Northern Peru. Master of Science Thesis, University of Toronto.
13. **Rhodes, D. (1998).** Report on Florida Canyon with emphasis on drill sections, Reporte Interno para Cominco Perú S.R.L.
14. **Robles, I. (2012).** Geología del depósito Mississippi Valley Type Cañón Florida – Bongará. Reporte anual interno para Votorantim Metais – Cajamarquilla S.A.
15. **Robles, I., Vera, G., Chero, R. y Beteta, L., (2012).** Modelo esquemático de la mineralización en el Proyecto Cañón Florida. Reporte interno para Votorantim Metais – Cajamarquilla S.A.
16. **Sánchez, A. (1995).** Geología de los Cuadrángulos de Bagua grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar – INGEMMET Boletín N° 56 Serie A. Carta Geológica Nacional.

17. **Yparraguirre, A. y Blas, f. (2013).** Estudios Minerográficos, Análisis Mineralógico por difracción de Rayos X y Microscopia Electrónica. F.A. Ingenieros E.I.R.L. Informe de laboratorio para Votorantim Metais - Cajamarquilla S.A.